

Phyt. 242 f

Pringsheim

Phys. 242-

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

DEN BAU UND DIE BILDUNG

DER

PFLANZENZELLE.

VON

DR. N. PRINGSHEIM,

PRIVATDOCENTEN DER BOTANIK AN DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN.

ERSTE ABTHEILUNG.

GRUNDLINIEN EINER THEORIE DER PFLANZENZELLE.

MIT VIER COLORIRTEN TAFELN.

BERLIN, 1854.

VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD.

69. UNTER DEN LINDEN, ECKE DER SCHADOW-STRASSE.

Im Verlage von *August Hirschwald* in Berlin ist erschienen:

Prof. Dr. J. F. Brandt,
Tabellarische Uebersicht der officinellen Gewächse und der officinellen Thiere.
Drei Tabellen in gr. Royal-Folio. 15 Sgr.

Abbildung und Beschreibung
der in Deutschland wildwachsenden und in Gärten und im Freien ausdauernden-
Giftgewächse, nach natürlichen Familien erläutert.
Von **Prof. Dr. J. F. Brandt, Dr. P. Phöbus und Prof. Dr. J. T. C. Ratzeburg.**
Erste Abtheilung (die Phanerogamen). gr. 4. Mit 49 color. Kupfertafeln. 5 Thlr. 20 Sgr.
Zweite Abtheilung (die Cryptogamen). gr. 4. Mit 9 color. Tafeln. 3 Thlr.

Medicinische Zoologie,
oder getreue Darstellung und Beschreibung der in der Arzneimittellehre in Betracht kom-
menden Thiere in systematischer Folge.
von **Prof. Dr. J. F. Brandt und Prof. Dr. J. T. C. Ratzeburg.**
2 Bde. (od. 13 Hfte.) gr. 4. Mit 64 sauber color. Kupfertaf. 17 Thlr. 10 Sgr.

Dr. H. W. Buek,
Genera, species et synonyma Candolleana
alphabetico ordine disposita, seu index generalis et specialis ad A. P. de Candolle
prodromum systematis naturalis regni vegetabilis.
Pars I. et II. 8. maj. 4 Thlr. 20 Sgr.

Prof. Dr. Ed. Eichwald,
Introductio in historiam naturalem Caspii maris.
8. 22½ Sgr.

Naturhistorische Skizze
von Lithauen, Volhynien und Podolien, in geognostisch-mineralogischer, botanischer
und zoologischer Hinsicht.
Von
Prof. Dr. Ed. Eichwald.
4. Mit 3 lithograph. Tafeln. 3 Thlr. 15 Sgr.

Prof. Dr. Ed. Eichwald,
Plantarum novarum
vel minus cognitarum quas in itinere Caspio-Caucasico observavit fasc. I. et II.
Acced. 40 tabl. lith. Fol. 8 Thlr.

Compendium der officinellen Gewächse nach natürlichen Familien geordnet
von **A. G. R. Schultze,** Apotheker etc.
8. 1 Thlr. 20 Sgr.

Münter, Dr. J.,
Die Krankheiten der Kartoffeln,
insbesondere die im Jahre 1845 pandemisch herrschende nasse Fäule.
gr. 8. Mit 1 lithogr. Tafel. 24 Sgr.

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
DEN BAU UND DIE BILDUNG
DER
PFLANZENZELLE.

VON

DR. N. PRINGSHEIM,

PRIVATDOCENTEN DER BOTANIK AN DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN.

ERSTE ABTHEILUNG.
GRUNDLINIEN EINER THEORIE DER PFLANZENZELLE.

MIT VIER COLORIRTEN TAFELN.

BERLIN, 1854.

VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD.

69. UNTER DEN LINDEN, ECKE DER SCHADOW-STRASSE.

Vorwort.

Seinem lieben Freunde

Dr. Ferdinand Cohn,

Privatdocenten der Botanik an der Universität in Breslau

gewidmet

von dem Verfasser.

Seinen lieben Freunden

Dr. Ferdinand Cohn,

Präsidenten der Botanik an der Universität in Berlin

gewidmet

von dem Verfasser.

V o r w o r t.

Die folgenden Blätter enthalten eine Revision der geltenden Lehre von dem Baue und der Bildung der Pflanzenzelle.

Es ist unbedingt in allen Gebieten wissenschaftlicher Forschung zweckmässig, von Zeit zu Zeit die Grundlagen der Theorien einer wiederholten Prüfung zu unterwerfen. In der vegetabilischen Zellenlehre ist die Prüfung der thatsächlichen Grundlagen durch die auseinandergehenden Ansichten der geübtesten Phytotomen schon zum dringenden Bedürfniss geworden.

In dieser ersten Abtheilung meiner Untersuchungen habe ich mich darauf beschränkt, nur diejenigen Beobachtungen mitzutheilen, welche in unmittelbarer Beziehung zur Theorie *Mohl's* von dem Primordialschlauche und seiner Bedeutung für die Pflanzenzelle stehen. Sie umfassen daher die Entstehung und den Bau der primären Zellwand und die Bildung der Zelle durch Theilung und freie Zellbildung.

An meine Beobachtungen knüpft sich unmittelbar eine natürliche Auffassung der in der Zelle thätigen Vorgänge an, soweit sie die plastischen Erscheinungen der Bildung der Zellwand betreffen; eine Auffassung, die zwar nicht unwesentlich von den jetzigen Vorstellungen über Zellbildung abweicht, aber an die Vorstellungen der älteren Phytotomen sich anlehnt.

Ich habe mich im Laufe dieser Untersuchungen stets bemüht, den Grund der widersprechenden Ansichten unserer bedeutendsten Phytotomen über die genann-

ten Punkte der Zellenlehre aufzuklären. Da in unserer Zeit, welche mit Recht die Empirie als die einzige sichere Basis der Naturkenntniss anerkennt, eine beachtungswerthe Ansicht niemals ohne thatsächliche Stütze aufgestellt wird, so muss die Bekämpfung abweichender Meinungen stets von der Widerlegung oder der richtigen Deutung der ihnen zu Grunde liegenden Thatsachen ausgehen. Auch lehrt die geschichtliche Entwicklung unserer Naturkenntniss, dass irrige Hypothesen in den Naturwissenschaften noch rascher durch die Widerlegung ihrer Grundlagen, als selbst durch die Entdeckung des wahren Verhältnisses beseitigt werden.

Ob mir nun der Nachweis des Irrthumes in den thatsächlichen Voraussetzungen der geltenden Ansichten über Zellbildung, so bei der Vorstellung der Zelltheilung nach *Mohl* durch die Einschnürung des Primordialschlauches, bei der Annahme der Existenz des Primordialschlauches überhaupt, und bei der Behauptung, dass es nackte, nur von dem Primordialschlauche bekleidete Zellen (die Zoosporen der Algen) giebt, gelungen ist, darüber mögen Andere entscheiden. Ich übergebe meine Untersuchungen der Oeffentlichkeit in der Hoffnung, dass die Wichtigkeit des Gegenstandes andere Forscher zu einer Prüfung der Thatsachen und Schlüsse dieser Abhandlung veranlassen wird.

Berlin, im Mai 1854.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
Vorwort.	
I. Die Primordialschlauchtheorie	1
II. Die Anordnung des Inhaltes in der Pflanzenzelle. Hautschicht und Körnerschicht des Plasma. Zellflüssigkeit	4
III. Die Theilung der Zellen bei den Conferven.	
A. Bei Cladophora	16
B. Bei Conferva	29
C. Bei Spirogyra und den Zygnemaceen überhaupt	30
D. Bei Oedogonium und den Palmellaceen	33
IV. Die Bedeutung der Hautschicht für die Pflanzenzelle	43
V. Die Theilung der Mutterzellen des Pollens	50
VI. Deutung der Zelltheilung bei den Pflanzen	57
VII. Die freie Zellbildung	62
VIII. Rückblick	72
IX. Einige nachträgliche Bemerkungen über die Methode der Untersuchung.	
A. Ueber die Anwendung chemischer Reagentien unter dem Mikroskope	75
B. Ueber die Zeit, wann die Theilung der Zellen bei den Conferven stattfindet und am besten beobachtet werden kann	77
X. Erklärung der Abbildungen	81

Inhalt.

Vorwort.	1
I. Die Pflanzenzelle.	1
II. Die Anordnung des Protoplasmas in der Pflanzenzelle. Wand, Inhalt und Kernschicht der Pflanze. Zellstruktur.	1
III. Die Theilung der Zellen bei den Coniferen.	1
A. Bei Cladophora	18
B. Bei Conium	20
C. Bei Sphagnum und dem Xanthoxylum überhaupt.	20
D. Bei Oedogonium und den Palmellenen.	23
IV. Die Bedeutung der Theilung für die Pflanzenzelle.	42
V. Die Theilung der Mutterzellen des Pollens.	50
VI. Bedeutung der Zelltheilung bei den Pflanzen.	51
VII. Die erste Zelltheilung.	61
VIII. Rückblick.	72
IX. Einige nachträgliche Bemerkungen über die Methode der Untersuchung.	72
A. Ueber die Anwendung chemischer Reagentien unter dem Mikroskope.	72
B. Ueber die Zeit, wann die Theilung der Zellen bei den Coniferen stattfindet.	77
X. Erklärung der Abbildungen.	81

I. Die Primordialschlauchtheorie.

Durch die Einführung des Primordialschlauches in die Pflanzenanatomie hat die Lehre von der Zelle eine wesentliche Umänderung erfahren. Die Existenz des Primordialschlauches wurde bald mit den wesentlichsten Erscheinungen des Zellenlebens in ursächlichen Zusammenhang gebracht und die frühere, einfache Ansicht über den Bau der Pflanzenzelle schien einer bei weitem complicirteren Theorie Platz machen zu müssen. Man nahm an, dass die Zelltheilung, die freie Zellbildung, die Schichtenbildung der Zellwand vom Primordialschlauche ausgehe. Der Primordialschlauch wurde zuletzt als die wesentliche, oft einzige Hülle der Pflanzenzelle bezeichnet, hierauf die Annahme nackter, d. h. nur von dem Primordialschlauche bekleideter, Zellen gegründet, und in der gleichen stofflichen Zusammensetzung des Primordialschlauches der Pflanzenzelle und der Membran der thierischen Zelle wurde endlich ein neues Analogon zwischen Thieren und Pflanzen gefunden.

Diese Ansichten über den Werth des Primordialschlauches entstanden in schneller Aufeinanderfolge, und so hatte sich schon wenige Jahre nach der ersten Entdeckung dieses räthselhaften Gebildes eine umfassende Theorie ausgebildet, in welcher die wichtigsten Thätigkeiten des Zellenlebens nicht mehr wie früher vom Cytoblasten, sondern von dem Primordialschlauche ausgehend dargestellt wurden, der Werth des Cytoblasten für das Zellenleben aber schon mehr zurücktrat.

Naegeli ¹⁾, welcher bei Algenzellen gleichfalls auf die Erscheinungen aufmerksam geworden war, durch welche *Mohl* zur Annahme des Primordialschlauches geführt

1) Zeitschrift f. w. Botanik. Heft I. S. 91—100.

wurde, hatte zwar in ihnen nicht, wie *Mohl*, den Beweis für die Existenz einer Membran, sondern nur für das Vorhandensein einer körnigen Schleimschicht an der innern Seite der Zellwand gefunden, und auch *Schleiden* ¹⁾ hatte sich dieser Annahme einer Schleimschicht zugeneigt, und den Primordialschlauch *Mohl's* für die Gränze einer erhärteten Schleimschicht erklärt; allein die ausführlicheren Untersuchungen *Mohl's* ²⁾ schienen die Natur jener Schleimschicht erst in das rechte Licht zu stellen und dann hatten auch *Schleiden* und *Naegeli* auf den wichtigsten Beweis, welchen *Mohl* ³⁾ für die Existenz des Primordialschlauches beibringt, auf seine Darstellung der Zelltheilung bei den Conferven, von einer falschen Vorstellung des Vorganges bei der Zelltheilung ausgehend, nicht Rücksicht genommen. Bei der Leichtigkeit, mit welcher die Erscheinungen, auf welche *Mohl* aufmerksam machte, beobachtet werden können, war es daher natürlich, dass die von *Mohl* aufgestellte Ansicht über den Primordialschlauch sich schnell allgemein verbreitete und befestigte.

Es ist aber nothwendig, darauf aufmerksam zu machen, dass die jetzige Theorie der Bedeutung des Primordialschlauches mit der Annahme, dass er eine Schleimschicht und nicht eine Membran ist, sogleich fällt; es ist nicht, wie von verschiedenen Seiten behauptet wurde, zwischen einer Schleimschicht und einer Membran nur eine geringe Verschiedenheit; es besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden, und er liegt darin, dass jede organische Bildung, welcher der Charakter einer Membran zukommt, nothwendig des Wachstums durch Intussusception fähig sein muss, eine Eigenschaft, welche natürlich einer formlosen Substanz, die nur durch Anlagerung sich vergrößert, abgeht. Einen der sichersten Beweise für das Wachstum durch Intussusception liefert aber die Faltung einer Membran, deren Entstehung, was namentlich die nach innen geschlagenen Falten betrifft, auf keine andere Weise denkbar ist. Deshalb musste auch der Primordialschlauch so lange als eine Membran und nicht als eine Schleimschicht angesehen werden, so lange die Darstellung des Theilungsvorganges der Zellen, die *Mohl* in der zweiten, bereits angeführten, sehr wesentlich umgeänder-

1) Grundzüge der w. Botanik. 3te Aufl. Thl. I. S. 210.

2) Bot. Zeitschr. von *Mohl* u. *Schlechtendahl* 1844. S. 273 u. f.

3) Vermischte Schriften bot. Inh. Abhandl. XXVII.: „Ueber Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung.“

ten Ausgabe seines Aufsatzes über Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung giebt, keine Widerlegung gefunden hat. Diess ist aber bis jetzt noch nicht geschehen. Denn die versuchte Widerlegung *Naegeli's*¹⁾, die übrigens nur gegen den Inhalt der ersten Ausgabe des genannten Aufsatzes von *Mohl* gerichtet ist, hat ihren Zweck verfehlt, weil leicht nachweisbar ist, dass *Naegeli* die Zustände unvollendeter Theilung, die *Mohl* beschreibt, nicht gesehen hat, und was etwa noch *Jessen*²⁾ gegen die Darstellung und die Zeichnungen *Mohl's* anführt, ist offenbar aus seiner Vorliebe für die *Karsten'sche* Zellenlehre und aus Unkenntniss der wahren Theilungszustände hervorgegangen. Dagegen ist die Darstellung der Zelltheilung, wie sie *Mohl* giebt, von mehreren Seiten bestätigt worden, so namentlich aufs Vollständigste von *Alex. Braun*³⁾ bei *Spirogyra*; ferner ist der Vorgang der Theilung auch bei der Bildung der Specialmutterzellen des Pollens von *Mohl*⁴⁾ in einer mit der Theilung der Confervenzellen wesentlich übereinstimmenden Weise beschrieben worden. Es war daher natürlich, dass die Theorie der Zelltheilung durch Einschnürung des Primordialschlauches, da bisher kein Irrthum in diesen Darstellungen des Theilungsvorganges nachgewiesen werden konnte, als völlig gesichert angesehen wurde.

Ein eben so wichtiges Argument für die membranöse Beschaffenheit des Primordialschlauches, wie dasjenige, welches von seiner Einfaltung bei der Zelltheilung hergenommen werden kann, scheint die behauptete Existenz nackter, d. h. nur vom Primordialschlauche bekleideten Zellen zu liefern. Die beweglichen Sporen der Algen sind in jüngster Zeit als solch nackte Zellen bezeichnet worden. Offenbar ist die Annahme der Existenz nackter Zellen für die begriffliche Auffassung der Pflanzenzelle von der höchsten Bedeutung und die richtige Würdigung des Baues und der Bildung der Algen-sporen muss daher, wie für die Deutung des Primordialschlauches, so für die ganze Zellenlehre von wesentlichem Einflusse sein.

Die vorhergehende Betrachtung mag genügen, um auf die vielseitigen Beziehungen aufmerksam zu machen, in welche die Annahme der Existenz des Primordialschlau-

1) Zeitschr. f. w. Botanik. Heft I. S. 98.

2) Bot. Zeitschr. v. *Mohl* u. *Schlechtendahl* 1849. S. 498 u. 499.

3) Die Verjüngung. S. 257 u. f.

4) „Die vegetabilische Zelle“, im Handwörterbuch der Physiologie von *R. Wagner*, Bd. IV. S. 220.

ches zu der ganzen Lehre der Pflanzenzelle gebracht worden ist, und um diejenigen Punkte hervorzuheben, auf welche bei der Untersuchung des Werthes des Primordialschlauches ein besonderes Gewicht gelegt werden muss.

Da nun die vorliegenden Untersuchungen eine Bekämpfung der gegenwärtigen Ansichten über die Bedeutung des Primordialschlauches bezwecken, so erscheint es passend, eine gedrängte Uebersicht des wesentlichen Inhaltes der Primordialschlauchtheorie vor auszuschicken.

Nach dieser Theorie wird die wesentliche Hülle der Pflanzenzelle von dem Primordialschlauche, einer stickstoffhaltigen, völlig geschlossenen Membran gebildet. Der Primordialschlauch soll die erste hautartige Begrenzung sein, welche bei der freien Zellbildung um die gesonderte Plasma-Masse entsteht. Die Zellstoffwand soll von ihm erst später an seiner ganzen, äusseren Fläche ausgeschieden werden. Er soll die Fähigkeit, Zellstoff an seiner äusseren Fläche zu secerniren während seiner ganzen Dauer bewahren, und hierauf soll die Schichtenbildung der Zellstoffwand beruhen. Er soll ferner durch Einfaltung, Abschnürung und gleichzeitige Absonderung von Zellstoff an seiner Aussenfläche die Theilung der Zelle bewirken.

In untergeordneten Punkten, so in Betreff des spezielleren Vorganges bei der Theilung, weichen die Ansichten derjenigen Phytotomen, welche den Primordialschlauch anerkennen, noch untereinander und von der gegebenen Darstellung ab. Ich behalte die Besprechung dieser Meinungsverschiedenheiten dem Abschnitte über Zelltheilung vor und gehe sogleich zur Erörterung der thatsächlichen Grundlagen der ganzen Theorie über.

II. Die Anordnung des Inhaltes in der Pflanzenzelle. Hautschicht und Körnerschicht des Plasma. Zellflüssigkeit.

Die gesetzmässige Anordnung des Inhaltes in der Zelle ist eine der wichtigsten Erscheinungen des Zellenlebens. Es ist ihr bisher viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden. Ich beabsichtige vorerst auf die weite Verbreitung einer bestimmten Anordnungsweise des Zellinhaltes aufmerksam zu machen, welche vielleicht ohne

Ausnahme in allen Pflanzenzellen, wenigstens in einem Stadium ihrer Entwicklung angetroffen wird. Diese Anordnung des Inhaltes hat in einzelnen Fällen auch schon hier und da nothwendig die Aufmerksamkeit früherer Beobachter auf sich gezogen.

Die Mischung von Flüssigkeit und Bildungsschleim, welche ausser den körnigen Bildungen eigenthümlicher Form (Stärke, Chlorophyllkörner, Cytoblasten u. s. w.) den Inhalt lebhaft vegetirender Zellen ausmacht, wird jetzt allgemein mit dem von *Mohl* eingeführten Namen „Protoplasma“ bezeichnet. Gerade der Gehalt an Protoplasma ist das sicherste Zeichen für die noch bestehende Lebensfähigkeit der Zelle, die durch Stoffwechsel, Wandverdickung, Wachsthum und Vermehrung sich äussert. Nur von der Anordnung des Inhaltes in diesen noch lebenskräftigen Zellen ist hier die Rede. — Es muss nun genauer zwischen Protoplasma, oder kürzer Plasma, und Zellflüssigkeit unterschieden werden, da das Plasma ohne Ausnahme räumlich geschieden von der Zellflüssigkeit auftritt und die Anordnung des Inhaltes gerade durch die relative Lagerung und Abgrenzung des Plasma, in welchem die körnigen Bildungen des Zellinhaltes stets eingebettet sind, und der Zellflüssigkeit bestimmt wird.

Die Beschaffenheit des Plasma, welches eine feinkörnige, zähflüssige, natürlich formlose Masse darstellt, die nur wegen ihrer schleimigen Consistenz, die einen gewissen Zusammenhang in der Masse hervorruft, als ein Ganzes aufgefasst werden kann, bewirkt freilich, dass die Abgrenzung der Zellflüssigkeit von dem Plasma nicht wie die Grenze fester Körper als eine scharfe Linie erscheint; auch verwischt der fortwährend zwischen Plasma und Zellflüssigkeit thätige, chemische Prozess, der an der Grenze beider oft theilweise Mischung und hierdurch Vacuolen-Bildung hervorruft, mehr oder weniger die scharfe Trennungslinie zwischen beiden. Immerhin ist aber die bestehende Sonderung von Plasma und Zellflüssigkeit unzweifelhaft nachweisbar, und es ist leicht zu beobachten, dass Plasma und Zellflüssigkeit nie zu einem gleichmässigen Brei in der Zelle vermischt sind.

Jene mindestens überaus häufige Form der Anordnungsweise des Inhaltes, auf welche ich oben hinwies, besteht nun in der Concentrirung der Zellflüssigkeit in den mittleren Raum der Zelle, um in der peripherischen Ansammlung des Plasma mit Einschluss der in demselben eingebetteten, körnigen Bildungen eigenthümlicher Form an der inneren Seite der Zellwand.

In den Zellen vieler Algen und in den Schläuchen der Charen ist dieses Ver-

hältniss so auffallend, dass es unmöglich bisher ganz übersehen werden konnte ¹⁾. Dieselbe Anordnung zeigt sich aber ausserdem nicht minder bestimmt ausgesprochen noch in sehr vielen anderen Fällen. So tritt sie ganz unverkennbar ohne Ausnahme in den Zellen der Chlorophyll führenden Gewebe der Phanerogamen und höheren Cryptogamen auf, dann in den Zellen der Pilze, im Embryosacke, in den Pollen- und Sporenzellen, in dem jugendlichen Gewebe der Phanerogamen und vielleicht in allen Zellen, in welchen man nach ihr suchen wird. — Hier und da wird die grosse Anhäufung des Inhaltes in der Zelle der Unterscheidung dieser Anordnung hinderlich, so meist in dem Gewebe der Vegetationsspitze und bei vielen Algensporen; dann hat es den Anschein, als ob die Zelle durch und durch mit körnigem Inhalte versehen, und als ob eine mit Flüssigkeit erfüllte mittlere Höhlung gar nicht vorhanden sei. Ob aber ein solcher Fall wirklich vorkommt, scheint mir noch sehr fraglich, denn die Höhlung kann wenigstens in vielen Fällen durch eine genauere Untersuchung noch dort nachgewiesen werden, wo sie auf den ersten Anblick zu fehlen scheint ²⁾. Gewiss ist jedenfalls so viel, dass die genannte periphere Ansammlung des Plasma eine überaus weite Verbreitung hat und es ist überaus wahrscheinlich, dass sie ursprünglich allen Pflanzenzellen zukommt.

Der Cytoblast stört diese Anordnung nur selten bei parietaler und nur wenig bei centraler Lage. Der centrale Cytoblast liegt nämlich in der Zellflüssigkeit, und es verbinden ihn bekanntlich einige Plasma-Stränge mit dem Plasma-Ueberzuge der Wand; in diesem

1) Man findet die Beschreibung solcher Anordnung bei den Conferven in der bereits citirten Stelle von *Naegeli*; bei Hydrodictyon von *A. Braun* (die Verjüngung S. 181—185); bei den Charen von *Göppert* und *Cohn* (Botan. Zeitschr. von *Mohl* und *Schlechtendahl* 1849. S. 717).

1) Eine sichere Abweichung von dieser Anordnung ist mir nur bei einigen Algen (z. B. *Mongeotia*) und Desmidiaceen (z. B. *Closterium*) bekannt. Hier ist Plasma und Zellflüssigkeit zwar auch scharf gesondert; aber der eine grüne Theil des Plasma, in welchem die Chlorophyllkörner liegen, liegt nicht der Wand der Zelle an, sondern nimmt die Mitte der Zelle ein in *Mongeotia* als ein dünnes durch die Längsachse der Zelle gelegtes Band, in *Closterium* als ein mehrstrahliger, die Mitte der Zelle einnehmender Körper. Aber auch in diesen Fällen liegt wenigstens ein Theil des Plasma, als eine farblose Schleimmasse der Wand der Zelle an, und auch der übrige Theil, das grüne Plasma, liegt wenigstens in einer bestimmten Entwicklungsstufe der Wand der Zelle an; so dass die spätere Zusammenziehung des grünen Inhaltes, wodurch er von seiner ursprünglichen Lage an der Wand entfernt wird, nur in die Darstellung der Veränderungen gehört, welche der Inhalt während des Zellenlebens erleidet, weshalb auch diese Beispiele sich der allgemeinen Regel der ursprünglich peripherischen Ansammlung des Plasma unterordnen lassen.

Falle wird daher die den mittleren Zellraum erfüllende Flüssigkeit von einzelnen Plasma-Strängen durchzogen. Derselbe Fall tritt ein, wenn von einem parietalen Cytoblasten ausgehende Plasma-Stränge nach dem gegenüberliegenden Wand-Plasma verlaufen.

Die physikalischen Ursachen dieser überaus merkwürdigen Anordnung sind gänzlich unbekannt. Es scheint mir dies auffallende Gleichgewicht in der Zelle nicht bloss durch die Adhäsion des Plasma an der Zellwand erklärt werden zu können. Ein Zusammenwirken verschiedener chemischer und physikalischer Kräfte mag bei der Entstehung der Zelle durch freie Zellbildung diese Anordnung des Inhalts als endliches Resultat hervorrufen; bei der Zelltheilung wird sie aus dem Theilungsvorgange selbst und dem Gleichgewichte in der Mutterzelle erklärlich. Aber ganz abgesehen von ihren Ursachen müssen wir die Erscheinung, wie sie der sinnlichen Auffassung unmittelbar entgegentritt, ausführlicher beschreiben; denn ihre nähere Kenntniss gestattet nicht nur die Erkennung derjenigen Verhältnisse in der Einrichtung der Zelle, die die Annahme der Existenz des Primordialschlauches hervorriefen, sondern wirft auch Licht auf den wahren Vorgang bei der Entstehung der Zellwand.

Gerade bei denjenigen Zellen nämlich, bei welchen die genannte Anordnung des Inhaltes am schärfsten ausgeprägt ist, bei den Chlorophyll führenden Geweben der Blätter und der Rinde der Phanerogamen, des Vorkeims der Farrnkräuter, im Stengel und den Blättern der Laub- und Lebermoose und bei den Algen ist das Gebilde, welches *Mohl* als Primordialschlauch bezeichnete, am leichtesten nachweisbar; in diesen Zellen soll es während ihres ganzen Lebens vorhanden sein, während es in anderen Zellen bei den gewaltigen Veränderungen, welche der Inhalt alternder und metamorphosirter Zellen erleidet, zu Grunde gehen und völlig verschwinden soll. Bei diesen Zellen, besonders bei den Zellen einiger Conferven kann der Primordialschlauch endlich — und hierauf wird mit Recht ein besonderes Gewicht gelegt — auch isolirt, d. h. nicht nur von der Zellwand, sondern auch von dem Zellinhalte losgetrennt werden, während er in anderen Zellen, z. B. den jugendlichen Zellen im Cambium so innig mit dem Zellinhalte verbunden ist, dass er nur als die Grenze des zusammengezogenen Inhaltes erscheint.

Diese verschiedene Weise, in welcher der zusammengezogene Inhalt auftritt, indem er entweder eine besondere membranöse, von ihm getrennte Hülle zeigt, oder nur eine feste, membranartige Begrenzung besitzt, oder endlich — wie in sehr vielen Fällen leicht nachweisbar ist — ohne jede scharfe Umgrenzungslinie erscheint, ist

aber nur von bestimmten Entwicklungsverhältnissen des Zellinhaltes abhängig, von der genannten peripherischen Ansammlung und dem Grade der Anhäufung des Plasma, von seinem Cohäsions-Zustande, und endlich von einer bemerkbaren Schichtung desselben. Das letzte Verhältniss bedingt namentlich, wo es scharf ausgesprochen ist, das Auftreten des Primordialschlauches als einer von Zellwand und Zellinhalt gleichzeitig isolirbaren Haut. Die Zellen, welche die Schichtung des Wandplasma deutlich erkennen lassen, sind deshalb auch am geeignetsten, um die wahre Natur des Primordialschlauches aufzuklären.

Die Schichtung ¹⁾ des Wandplasma ist meist dann am deutlichsten, wenn der Wandüberzug, den das Plasma bildet, nicht dünn ist, und besonders, wenn er nicht aus mehr gleichartigen Substanzen, wie in den jugendlichen Cambialzellen, sondern aus differenteren, optisch leicht unterscheidbaren Theilen (Plasmakörperchen, formlose Masse, Chlorophyllkörner u. s. w.) wie in den Chlorophyll führenden Zellen, besteht. Man unterscheidet alsdann leicht mindestens zwei Schichten. Eine äussere, unmittelbar der Zellwand anliegende Schicht von farblosem Plasma, in welcher niemals körnige Bildungen von bestimmter Form liegen, die ich die Hautschicht des Plasma nennen will, und eine innere, meist viel dichtere Schicht, die von einer sehr feinkörnigen Masse von schleimiger Consistenz gebildet wird, und in welcher die körnigen Bildungen des Inhaltes, die unter bestimmten Formen auftreten, (Chlorophyllkörner, Stärke, der Cytoblast u. s. w.), eingebettet sind. Diese Schicht will ich die Körnerschicht des Plasma nennen ²⁾. Wenn die Körnerschicht des Plasma dick ist, so dass es möglich wird, eine innere, der Zellhöhlung zugekehrte, und eine äussere, an die Hautschicht anstossende Lage in ihr zu unterscheiden, so wird man jedesmal finden, dass die Chlorophyllkörner in der äusseren Lage der Körnerschicht liegen, und dass die innere Lage der Körnerschicht nur aus einer farblosen, schleimig-granulösen Masse besteht, in welcher

1) Auch die Schichtung des Plasma musste natürlich schon früher in einzelnen Fällen auffallen, man vergleiche die angeführte Stelle bei *Braun*, *Göppert* und *Cohn*. So wurde auch *Mohl* bei der Untersuchung der Theilung der Zellen von *Cladophora* auf den Zusammenhang aufmerksam, den die Körnerschicht, die er Chlorophyllschicht nennt, (Vermischte Schr. botan. Inh. S. 366) besitzt.

2) Zur schnelleren Orientirung des Lesers bemerke ich vorläufig, dass derjenige Theil des der Wand anliegenden Plasma, den ich Hautschicht nenne, meist — wenn auch durchaus nicht immer — mit dem Gebilde identisch ist, welches man bisher als Primordialschlauch bezeichnet hat.

zwar mancherlei farblose, grosskörnige Bildungen vorkommen, in der ferner auch oft durch Vermischung mit der Zellflüssigkeit Vacuolen auftreten, in welcher aber niemals die Chlorophyllkörner liegen oder formloses Chlorophyll gefunden werden kann.

Der parietale Cytoblast liegt in allen Zellen ohne Ausnahme in der Körnerschicht, und zwar stets, wenn innere und äussere Lage in der Körnerschicht sich unterscheiden lassen, in der inneren Lage der Körnerschicht und somit unterhalb der Chlorophyllkörner.

In denjenigen Zellen, in welchen eine Bewegung des Inhaltes sichtbar ist, z. B. in den Blattzellen von *Vallisneria spiralis*, in den Zellen der Haare der Phanerogamen, in den Schlauchzellen der *Achlya prolifer* u. s. w. findet die Bewegung nur an der Grenze der Körnerschicht und Zellflüssigkeit statt. Die Hautschicht und die Zellflüssigkeit nehmen an der Bewegung nicht Theil. Bildet die Körnerschicht nur eine dünne Lage, so wird die ganze Körnerschicht mit den Chlorophyllkörnern in Bewegung gesetzt, ist die Körnerschicht aber dick, und kann man zwei Lagen an ihr unterscheiden, so sieht man, dass nur die innere Lage mit dem in ihr befindlichen Cytoblasten in Bewegung geräth, die äussere Lage, in der die Chlorophyllkörner liegen, bleibt in vollkommener Ruhe — so findet die Bewegung bekanntlich bei den Charen Statt. —

Schleiden ²⁾ glaubt, dass gerade an der Grenze zwischen Inhalt und Membran in der Zelle der lebhafteste chemische Prozess stattfindet; mir ist es dagegen überaus wahrscheinlich, dass der eigentliche chemische Bildungsheerd in der Zelle, von welchem die Ergänzung und Neubildung der Substanzen ausgeht, die die Grundlage der Körnerschicht und die Hautschicht bilden, an der inneren Grenze der Körnerschicht liegt, da, wo die Körnerschicht und Zellflüssigkeit sich berühren. Darauf weist wenigstens die Bewegung des Inhaltes, die stets und ausschliesslich an dieser Stelle, an der Grenze der Körnerschicht und Zellflüssigkeit, auftritt, in auffallender Weise hin, und deren Ursache wohl nur in der chemischen Wechselwirkung zwischen Zellflüssigkeit und der in Bewegung befindlichen Lage der Körnerschicht gesucht werden kann; denn die leicht zu constatirende Unabhängigkeit der Bewegung in jeder einzelnen Zelle von dem benachbarten Gewebe zwingt zu der Annahme, dass die Ursache der Bewegung in den Bildungsvorgängen liegt, die in dem Inneren jeder Zelle selbst stattfinden.

1) Grundzüge; zweite Auflage S. 300.

Die beiden Schichten des Plasma treten nicht nur in verschiedenen Zellen, sondern auch in verschiedenen Alterszuständen derselben Zelle in verschiedener Mächtigkeit und Ausdehnung auf. Es hat die Ansammlung des Plasma in der Zelle ihre Entwicklungsgeschichte, wie die Entstehung organischer Form, und die allmählig zunehmende Anhäufung des Plasma lässt sich in manchen Zellen sehr schön schrittweise verfolgen. In den meisten Zellen ist die Art, wie das Wandplasma sich allmählig ansammelt, deshalb nicht leicht wahrnehmbar, weil die Vermehrung des Inhaltes ziemlich gleichen Schritt mit der Vergrösserung der Zellwand beim Wachsthum der Zelle hält, so dass die Zellwand stets gleichmässig mit Plasma bedeckt erscheint; in anderen Zellen, so besonders bei den Oedogonien eilt aber die Verlängerung der Zelle der Vermehrung des Wandplasma bedeutend voran. Solche Zellen sind überaus günstig für die Untersuchung der Vermehrungsverhältnisse des Inhaltes, und ich werde diese, so weit sie das Plasma betreffen, auch später bei den Zellen der Oedogonien ausführlicher schildern. Hier mag vorläufig die Angabe genügen, dass die Körnerschicht sowol, wie die Hautschicht des Plasma nicht von Anfang an einen vollständigen Wandbeleg bildet, sondern dass beide erst durch die allmähliche Anhäufung ihrer Masse zu einem vollständigen, die ganze innere Seite der Zellwand gleichmässig und völlig bedeckenden Wandüberzug werden. Zu bemerken ist ferner, dass der Grad der Ansammlung der einen Schicht nicht von dem in der anderen Schicht abhängig ist. Oft ist die Hautschicht stark ausgebildet, während die Körnerschicht nur eine dünne unregelmässige Lage bildet. Meist tritt aber der entgegengesetzte Fall ein, dass bei stark entwickelter Körnerschicht nur eine schwach ausgebildete Hautschicht vorhanden ist. Endlich fehlt schon häufig, wenn die Zelle älter ist und ihre Wand sich nicht mehr verdickt, die Hautschicht gänzlich, während noch eine dicke Lage der Körnerschicht vorhanden ist.

Substanzen, die schädlich auf die Pflanzenzelle einwirken, vorzüglich solche, die eine übermässig starke Endosmose hervorrufen, wie Kochsalzlösung, Zuckerwasser, Säuren u. s. w., heben die gesetzmässige Ordnung des Zellinhaltes, die nur so lange bestehen kann, als die Zelle unverletzt unter ihren natürlichen Vegetationsbedingungen lebt, sogleich auf. Der Zellinhalt fällt unter ihrem Einflusse zusammen, das Plasma zieht sich von der Wand der Zelle zurück. Die Hautschicht bildet den äussersten Theil des zusammengefallenen Inhaltes; sie ist von dem übrigen Inhalte leicht durch ihre Farblosigkeit und ihr optisches Verhalten, welches vollständig mit dem der Zellwand über-

einstimmt, zu unterscheiden. Da die Substanz des Plasma weder mit der Zellflüssigkeit, noch mit dem einströmenden Reagenz mischbar ist, so muss das gesamte Plasma oder seine Schichten, wenn diese gesondert unterschieden werden können, wie ein zusammenhängendes Gebilde erscheinen, dessen Gestalt und Begrenzung von der Anordnung, Anhäufung und Consistenz der Masse vor eingetretener Inhaltsstörung abhängig ist.

Diese Verhältnisse bedingen die Erscheinung des Primordialschlauches in den Zellen, in welchen der Inhalt in irgend einer Weise von der Zellwand zurücktritt.

Wenn das Plasma noch keinen vollständigen Wandüberzug bildet, so erscheint der Inhalt beim Zusammenfallen nicht von einer Membran umgeben unter bestimmter Begrenzung, sondern als ein verschiedenartig gebildetes Netz verzweigter und anastomosirenden Plasmastreifen. In diesem Falle kann von einem Primordialschlauche gar nicht die Rede sein. Wenn aber das Plasma vor Lostrennung des Inhaltes von der Zellwand schon einen gleichmässig und vollständig die Zellwand bedeckenden Ueberzug bildet, dann stellt es beim Zusammenfallen eine zusammenhängende, von dem übrigen Inhalte und dem einströmenden Reagenz gesonderte Lage von Plasmamasse dar, deren äussere Begrenzung unter gewissen Bedingungen den falschen Anschein einer Membran annehmen kann. Wenn endlich schon im unverletzten Zustande der Zelle Hautschicht und Körnerschicht des Plasma deutlich geschieden erscheinen, dann lösen sich beide gesondert von der Zellwand ab, und nicht nur die Hautschicht erscheint wie eine Membran, sondern auch die Körnerschicht zeigt vermöge des starken Cohäsionszustandes ihrer Materie an ihrer äusseren Fläche eine scharfe Begrenzung. Diese Trennung der Körnerschicht von der Hautschicht, eine Folge der chemischen Differenz ihrer Materie, unter gleichzeitiger Begrenzung der Körnerschicht an ihrer äusseren Fläche, tritt bei den Conferven häufig schon in der natürlichen Entwicklung des Zellenlebens auf, so bei *Cladophora*, *Conferva*, *Spirogyra* etc., namentlich ist sie bei der Zelltheilung immer sichtbar, wo sie auch von *Mohl* bei *Cladophora* bemerkt wurde. In solchen Fällen müsste man consequenter Weise mehrere ineinandersteckende Primordialschläuche annehmen, eine Annahme, die mit der Bedeutung des Primordialschlauches nach der jetzigen Theorie ganz unvereinbar ist.

Die Annahme der Existenz eines Primordialschlauches ist zunächst durch die Erscheinungen, welche die Hautschicht bei ihrer Loslösung von der Zellwand zeigt, entstanden. Aber oft wenn die Hautschicht gar nicht mehr vorhanden ist, ist es die Be-

begrenzung der Körnerschicht, welche als Primordialschlauch angesehen wurde. Man wird bei einiger Aufmerksamkeit leicht unterscheiden können, ob die scharfe Begrenzung, die der zusammengefallene Inhalt zeigt, von der Hautschicht oder von der Körnerschicht herrührt. Die Erscheinung des Primordialschlauches ist daher nicht immer dieselbe, wir werden später sehen, dass auch die jugendliche Zellwand mit dem Primordialschlauche verwechselt wurde. Aber selbst in den Fällen, in welchen der Primordialschlauch am schönsten auftritt, wenn nämlich die Hautschicht in ihrem entwickelsten Zustande als eine dicke, die Wand vollständig überziehende Plasmaschicht die meiste Aehnlichkeit mit einer Membran zeigt, ist noch mit Sicherheit nachweisbar, dass die Begrenzung des zusammengezogenen Inhalts von keiner wahren Membran herrührt. Der Irrthum, sie für eine Membran zu halten, ist aus der Art und Weise, wie die Zellen zur Herstellung des Primordialschlauches behandelt wurden, hervorgegangen. Die Entstehung der Erscheinung wurde nämlich durch die starken, angewendeten Reagentien zu sehr beschleunigt, und hierbei die Art und Weise übersehen, in welcher die Plasmaschicht sich allmählig von der Zellwand ablöst; kurz, man hat die Erscheinung beurtheilt, wie sie rasch hervorgerufen als vollendeter Zustand erscheint, während die Beobachtung, wie die Hautschicht sich nach und nach von der Zellwand ablösend zu jenem ringsherum abgeschlossenen Gebilde wird, das als Primordialschlauch angesehen wurde, sogleich die falsche Deutung hätte zerstören müssen. Werden die Zellen, in denen der Primordialschlauch am schönsten erscheint, die Zellen der grosszelligen Conferven, der Chlorophyll führenden Gewebe der Phanerogamen und Cryptogamen u. s. w., mit sehr verdünnten Säuren, sehr verdünnter Lösung von Zuckerwasser oder Kochsalz behandelt¹⁾, so zieht sich das Plasma, Körnerschicht und Hautschicht, ebenfalls so vollständig von der Zellwand zurück, und der Primordialschlauch *Mohl's* tritt eben so gut zuletzt in die Erscheinung, als ob man die Zellen mit starken Säuren behandelt und die Erscheinung rasch hervorgerufen hätte; man hat hierbei aber den Vortheil, die Erscheinung allmählig entstehen zu sehen. Nach und nach zieht sich die äusserste Plasmaschicht von der Zellwand zurück, aber die Scheidung erfolgt nicht wie die Trennung zweier Membranen mit glatter Begrenzung, sondern wie die Loslösung einer klebrigen

1) Ich gebe am Schlusse der Abhandlung einen genaueren Nachweis meiner Anwendungsweise chemischer Reagentien unter dem Microscope.

Substanz von einer Haut, an der sie bisher adhärirte. Hier und da bleibt das Plasma an der Zellwand kleben, während es an anderen Stellen sich schon losgelöst hat; bald erscheint das von der Zellwand meist losgelöste, zusammenfallende Plasma nur noch durch einzelne Plasmafäden mit der Zellwand verbunden (III. 16—21. IV. 2. 5. 24. 25.). Auch diese Fäden werden immer dünner, ziehen sich endlich entweder unter mannichfaltiger Gestaltänderung ganz von der Zellwand ab, und vereinigen sich zusammenfliessend mit dem übrigen bereits losgelösten Plasma in eine gleichmässige Schicht, oder reissen auch wol ab, wodurch einzelne Plasmatheilchen auch nach vollständiger Ablösung des sogenannten Primordialschlauches noch an der Zellwand klebend gefunden werden; bis endlich nach vollständiger Ablösung oder Abreissung sämtlicher noch vorhandener Verbindungsfäden zwischen der Zellwand und dem zusammengezogenen Inhalte die äusserste Schicht des Plasma zu einer zusammenhängenden Lage an der äusseren Umgrenzung des übrigen Inhaltes zusammengeflossen ist, und hierdurch der Anschein, als sei der Inhalt von einer Membran umgeben, entsteht. Wer auch nur einmal diese allmälige Loslösung der äussersten Plasmaschicht von der Zellwand aufmersam verfolgt hat, wird die Annahme, dass die Zellwand an ihrer inneren Seite von einer Membran ausgekleidet wird, unbedingt verwerfen, da die eintretenden Erscheinungen durchaus nicht mit dem festen Zusammenhange vereinbar sind, welcher zwischen den Theilen einer des Wachstums fähigen, organischen Membran angenommen werden muss. Diese Beobachtung der allmäligen Loslösung der äussersten Plasmaschicht erklärt ferner zur Genüge, warum auch bei rascher Zusammenziehung des sogenannten Primordialschlauches oft noch einzelne Körnchen an der Zellwand haften bleiben; eine Erscheinung, die aufmerksamen Beobachtern gewiss schon vielfach aufgestossen ist, aber bisher ganz unberücksichtigt gelassen wurde, obgleich sie mit der Theorie des Primordialschlauches ganz unvereinbar ist. Dass die zusammenfliessende Schicht sich von der Wand bald langsamer, bald schneller ablöst; dass die zusammengeflossene Schicht bald einer lockeren, bald einer festeren Membran gleicht, dies hängt so sehr von den verschiedenen Cohäsions- und Anhäufungs-Verhältnissen der Schicht selbst, und zugleich von der Beschaffenheit der angewendeten Reagentien ab, dass es nicht möglich ist, etwas allgemein Gültiges hierüber anzugeben. Nur dies steht unter allen Bedingungen fest, dass die Beobachtung der langsamen Ablösung fast in jedem einzelnen Falle gestatten wird, sich davon zu überzeugen, dass die innere Auskleidung der Zell-

stoffwand von einer Schicht einer schleimig-klebrigen zähflüssigen Substanz, aber nicht von einer Membran gebildet wird. In seltenen Fällen nimmt die auskleidende Plasma-Schicht besonders unter andauerndem Einflusse von verschiedenen Reagentien eine so feste Consistenz an, dass sie sich schneiden lässt; so erscheint sie z. B. von auffallend starker Consistenz in den Zellen mit abgestorbenem Inhalte bei den Spirogyren. Dies kann jedoch nach der vorhergehenden Darstellung kaum auffallen und spricht eben so wenig für die hautartige Beschaffenheit dieser Schicht, als die von *Mohl*¹⁾ selbst beobachtete Thatsache, dass die Plasma-Stränge, welche in den grossen Zellen der Früchte von *Rhamnus Frangula* den Cytoblasten mit dem Wand-Plasma verbinden, sich ohne Störung ihrer Lage schneiden lassen, zu der Annahme berechtigen könnte, dass jene Plasma-Stränge von membranösen Scheiden umgeben sind. Eben so wie hier die Erscheinung blos auf der festeren Consistenz der Substanz jener Plasma-Stränge beruht, ebenso werden die Erscheinungen, welche zur Annahme des Primordial-schlauches geführt haben, nur durch den strengeren Zusammenhang jener Plasmaschicht hervorgerufen, die ich als Hautschicht bezeichnet habe.

Ich muss hier zugleich eine Erscheinung erwähnen, welche ebenfalls mit Entschiedenheit die Vorstellung, dass die Hautschicht eine Membran ist, zerstört. Wird nämlich der Inhalt grosser Zellen, z. B. der Spirogyren, der grosszelligen Conferven, der grösseren Oedogenien oder längere Zellen der grünen Gewebe der Phanerogamen (z. B. Zellen aus dem Blattparenchym der *Vallisneria spiralis*) unter Einfluss verdünnter Reagentien langsam von der Zellwand gelöst, so zieht sich öfters der von der Hautschicht umgebene Inhalt langsam zu zwei oder seltener zu mehreren Theilen auseinander (II. 21. III. 18.). Nach und nach wird das Verbindungsstück zwischen den entstehenden Theilen immer dünner und dünner (II. 22. III. 18 b.), bis es endlich durchreisst und die Theile isolirt werden (II. 23. III. 18 c.). Die Hautschicht erscheint hierbei nicht wie eine durchrissene Membran mit einer dem Riss entsprechenden Oeffnung, sondern sie schliesst sich um jeden isolirten Theil ringsherum ab, bildet einen völlig glatten, den ganzen Theil umgebenden Ueberzug, und so erscheint jetzt jeder Theil gerade so scharf begränzt, wie früher der ganze Inhalt. Unfehlbar sind solche Erscheinungen bereits längst bekannt und vielfach von anderen Beobachtern gesehen worden, ihre Bedeutung

1) Ueber Saftbewegung im Inneren der Zellen. Bot. Zeit. 1846. S. 94.

ist aber bisher verkannt worden, und man hat den Anhaltspunkt übersehen, den sie bei der Beurtheilung der wahren Beschaffenheit der Hautschicht gewähren; denn offenbar sind diese Erscheinungen mit der Annahme, dass die Hautschicht eine Membran ist, unvereinbar, entsprechen aber vollkommen dem wahren Charakter jener Schicht als einer leicht zusammenfliessenden Substanz von schleimiger Consistenz.

Wenn demnach schwache Reagentien — verdünnte Zucker- und Kochsalzlösung, selbst verdünnte Chlorzinkjodlösung und sehr verdünnte Säuren — den Inhalt der Pflanzenzelle stets unter Erscheinungen zusammenziehen, welche die structurlose Beschaffenheit der jedesmal zu äusserst gelegenen Inhaltsschicht als einer klebrigen, der Zellwand stark adhäreirenden Masse unzweifelhaft darthun, während der zusammenfallende Inhalt nur unter Einfluss starker Säuren, oder der lange andauernden Einwirkung schwächerer Reagentien eine membranartige Begrenzung zeigt, so ist wol die Behauptung vollkommen berechtigt, dass der Primordialschlauch in der Weise der jetzt gültigen wissenschaftlichen Vorstellung gar nicht existirt.

Die Erscheinung des Primordialschlauches wird aber in den Fällen, in welchen er am schönsten auftritt, dadurch hervorgerufen, dass die Schicht von farblosem Plasma, die ich als Hautschicht bezeichnet habe, wenn sie zu einer die ganze Zellwand bekleidenden Lage sich angesammelt hat, und wenn Reagentien, die stark genug sind, um die normale Ordnung des Inhalts zu stören, auf die Zelle einwirken, sich von der Zellwand zurückzieht, und an den übrigen zusammenfallenden Inhalt so eng sich anschliesst, dass dieser, wie von einer Membran umgeben, erscheint. Die angewendeten Reagentien üben hierbei einen ganz unverkennbaren Einfluss auf die Erhöhung der Consistenz der Hautschicht aus. Wenn die Hautschicht bereits fehlt, so kann noch die nun zu äusserst an der Zellwand gelegene Körnerschicht in Folge ihrer Consistenz und ihres Zusammenhanges mit scharfer Begrenzung sich von der Wand abziehen, und so ebenfalls die Erscheinung des Primordialschlauches hervorrufen.

III. Die Zelltheilung bei den Conferven.

A. Theilung der Zellen bei *Cladophora*.

Die allmälige Ablösung der Hautschicht, welche die wahre Natur jener Schicht als einer halbflüssigen Substanz unzweifelhaft macht, steht in offenbarem Widerspruche mit der Darstellung, welche *Mohl*¹⁾ von der Theilung der Zellen der Conferven in seinem zweiten Aufsatze über Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung giebt, in so fern der Primordialschlauch nach *Mohl* bei der Theilung der Zelle eine Rolle spielen soll, die seine hautartige Natur über jeden Zweifel setzen würde. Umfassende Untersuchungen über die Theilung der Confervenzellen, namentlich bei der auch von *Mohl* untersuchten *Cladophora glomerata*, haben mich belehrt, dass die Darstellung der Zellentheilung, die *Mohl* bei dieser Pflanze giebt, auf einem Irrthume beruht, dass die Theilung der Zelle nicht von dem Primordialschlauche, sondern von der Zellwand ausgeht, und dass die Hautschicht auch während der Theilung sich so, wie in der ungetheilten Zelle, als eine Schicht zäh-flüssigen, klebrigen Schleimes verhält.

Untersucht man irgend eine Species von *Cladophora*, gleichviel welche, wenn sie nur frisch ist und lebhaft vegetirt, so wird man sehr bald, besonders in den jüngeren Zweigen, die Endzelle oder eine Mittelzelle im Theilungsakte überraschen. Es ist nicht richtig, dass — wie *Mohl* annimmt — abgesehen von der Astbildung, welche an allen Zellen auftreten kann und die wesentlich nur eine Theilung ist, blos die Endzelle der Zweige sich bei *Cladophora* theilt; auch die Mittelzelle der Aeste, sogar die Mittelzellen schon sehr alter, bereits vielfach verzweigter Aeste tragen ganz in derselben Weise wie die Endzelle durch Theilung zum Längenwachsthum und zur Vermehrung der Zellenanzahl der Pflanze bei. Will man aber zur Gewinnung einer sichereren Ueberzeugung den Theilungsvorgang auch bei diesen älteren, grösseren Zellen nachuntersuchen, welche freilich Nichts zeigen, was man nicht eben so gut, scharf und deutlich bei den jüngsten Zellen sehen kann, so muss man

1) Vermischte Schriften. Aufsatz XXVII.

jedenfalls vorher sich mit den normalen Erscheinungen der Theilung bei den jüngeren und jüngsten Zellen bekannt gemacht haben, weil in jenen alten Zellen oft Faltungsercheinungen der Zellwände vorkommen, welche nicht in den normalen Theilungsvorgang gehören, und welche irrthümlich vielfach mit dem Theilungsvorgang der Zellen selbst verwechselt worden sind, deren nahe Beziehung zur Theilung aber erst aus der richtigen Deutung der Theilung hervorgeht.

Eine in Theilung begriffene Zelle einer *Cladophora* zeigt folgendes Bild (I. 1—4.). Etwa in der Mitte der Zelle, aber nicht immer genau in der Mitte, erscheint der grüne Inhalt, die zusammenhängende Körnerschicht des Plasma, ringsherum zusammengeschnürt; über diese Stelle verläuft eine sehr zarte, aber mit doppelten Conturen gezeichnete Querlinie, welche sich unter rechtem Winkel an die Wand der Zelle anlegt.

Es ist nun vorerst, trotz der entgegenstehenden Behauptungen *Naegeli's* unzweifelhaft sicher, dass die Querlinie einer in der Bildung begriffenen, noch unvollendeten, in der Mitte noch offenen Scheidewand entspricht. Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dass die beiden durch die Querlinien geschiedenen Hälften der Mutterzelle zu dieser Zeit noch in offener Communication stehen, dazu genügt eigentlich schon die genaue Betrachtung des Inhaltes und der sich darüber wegziehenden Linie bei verschiedener Einstellung des Mikroskopes; denn, wenn bald die Oberfläche, bald die mittlere Ebene der Zelle in den Focus gebracht wird, kann kaum noch ein Zweifel darüber obwalten, dass der Inhalt auf der einen Seite der Querlinie sich ununterbrochen in den auf der anderen Seite befindlichen fortsetzt; ein Verhältniss, welches bei anderen Conferven, deren Theilungsvorgang ich gleichfalls beschreiben werde, namentlich bei den *Spirogyren*, wo möglich noch schärfer in die Augen springt. Da aber das richtige Verhältniss trotzdem verkannt wurde, so ist es nicht überflüssig, auf die Erscheinungen aufmerksam zu machen, welche man durch Anwendung verdünnter Reagentien hervorrufen kann, und die mit aller der Sicherheit, welche eine mikroskopische Beobachtung zu gewähren vermag, die offene Communication zwischen beiden Seiten der Querlinie nachweisen.

Eine verdünnte Lösung von Alkohol oder eine verdünnte Lösung von Jod in Jodkalium vorsichtig zu einer Zelle im Theilungsakte hinzugefügt, bringen weder eine bedeutende Störung der Ordnung des Zelleninhaltes hervor, noch wird die Zellwand von ihnen angegriffen; namentlich aber wird die Lage der durch die Querlinie angedeuteten unvollendeten Scheidewand durch diese Reagentien entweder gar nicht oder nur wenig

verändert. Bei der geringen Strömung, welche jedoch beim ersten Eingriff dieser Reagentien in dem Inhalte entsteht, sieht man fast jedesmal ein oder das andere Chlorophyllkörnchen der Körnerschicht langsam von der einen Seite der Querlinie nach der anderen Seite hinübertreten, ohne dass die Querwand meist irgend eine Veränderung erfährt; in selteneren Fällen geschieht es aber auch, dass durch die verursachte Strömung die unvollendete, senkrechte Scheidewand in eine etwas schiefe Lage (I. 6.) gebracht wird, welche die ganze Breite der Scheidewand übersehen und die mittlere Oeffnung mit der grössten Sicherheit erkennen lässt. Beide Erscheinungen lassen über die Durchbrechung der Scheidewand in diesem Stadium ihrer Entwicklung keinen Zweifel; die schiefe Lage der unvollendeten Scheidewand, welche auch noch bei Anwendung der freilich die Ordnungs- und Lagerungsverhältnisse der Zelle vielfach störenden, stärkeren Reagentien häufig, wenn auch nur vorübergehend, eintritt, gestattet überdies die sichere Bestimmung der Breite der eindringenden Ring-Scheidewand, welche nicht ganz mit der Tiefe der Einfaltung der grünen Körnerschicht übereinstimmt. *Naegeli* hat behauptet, dass die Querwand in den von *Mohl* beschriebenen Fällen einer unvollendeten Theilung bereits völlig ausgebildet ist, und dass der Inhalt nur zu beiden Seiten der Mitte der Querwand fest anklebt, wodurch fälschlich der Schein entstehen soll, als sei die Querwand in der Mitte durchbrochen; dass diese Behauptung aber unrichtig ist, geht aus der vorhergehenden Darstellung der Erscheinungen, welche bei unvollendeter Scheidewand beobachtet werden können, klar genug hervor, und der Grund dieser falschen Behauptung *Naegeli's* kann nur darin gefunden werden, dass *Naegeli* niemals die wahren Theilungszustände der Zellen gefunden hat und nur solche Zellen untersuchte, bei denen die Theilung bereits vorüber war¹⁾. Weder über die Durchbrechung der Scheidewand in den

1) Das Obige war bereits geschrieben, als mir eine Stelle in einem akademischen Vortrage auffiel, welchen *Naegeli* im vergangenen Jahre in Freiburg gehalten hat (s. s. systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreiche, akademischer Vortrag, gehalten von *Karl Naegeli*, Freiburg 1853 p. 14). Aus dieser Stelle geht hervor, dass *Naegeli*, abweichend von seiner früheren Anschauungsweise, den Vorgang bei der Zelltheilung jetzt im Wesentlichen so, wie *Mohl*, als ein Produkt der Thätigkeit des Primordialschlauches auffasst. Er scheint hiernach auch seine frühere Ansicht von der stickstoffhaltigen Bekleidung der Zellwand geändert, und die Ansicht *Mohl's* von der Existenz einer stickstoffhaltigen Membran (des Primordialschlauches) an der inneren Seite der Zellwand angenommen zu haben. Ich lasse trotzdem die im Text gegebene Darstellung der früheren

Zuständen, welche der vollendeten Theilung vorhergehen, noch über das allmälige Hineinwachsen der Scheidewand von der Peripherie nach dem Centrum der Zelle bis zur völligen Abschliessung derselben in der Mitte und hierdurch bewirkten Vollendung der Theilung wird jemals irgend ein begründeter Zweifel erhoben werden können.

Man mag nun die verschiedensten Zustände der Breite der eindringenden Scheidewand (I. 1. 2. 3. 4. 5.) von einer nur sehr seichten, fast unmerklichen Einbuchtung an bis zur fast vollendeten Scheidewand mit nur sehr geringer Oeffnung, endlich die völlig geschlossene Scheidewand unmittelbar nach ihrer Abschliessung beobachten, immer zeigt sich die Scheidewand unter denselben Verhältnissen; sie stellt einen dünnen, senkrecht der Seitenwand der Mutterzelle aufgesetzten, je nach dem vorgeschrittenen Zustande der Theilung mehr oder weniger tief in die Zelhöhle eindringenden Ring vor. Selbst nach vollendeter Theilung (I. 5.) schliesst sich die Scheidewand noch unter rechtem Winkel ohne Intercellulargang an die Wand der Mutterzelle an und erscheint im Vergleich mit den unter Bildung von Intercellulargängen aneinanderstossenden Scheidewänden älterer Zellen (I. 20 a. b. III. 19 a. b.) überaus dünn, und diese Merkmale lassen nicht nur bei den Conferven, sondern überhaupt an allen Pflanzengeweben sogleich junge Scheidewände auffinden und von alten leicht unterscheiden. Schon hieraus geht hervor, dass die früher bereits erwähnten Zustände einer unvollendeten, aber dicken Scheidewand (I. 20 c. 19 c.), welche unter Bildung eines Intercellularraumes in Form von nicht ganz bis zur Mitte reichenden Falten auftreten und in älteren Zellen namentlich häufig bei solchen Cladophoren gefunden werden, welche längere Zeit in engen Gefässen cultivirt worden sind, nicht als normale Zwischenzustände der Theilung betrachtet werden können. Ich muss dies besonders hervorheben, weil die falsche Deutung der Entstehung dieser Zustände bei der Auffassung des Theilungsvorganges durch *Mohl* eine Rolle spielt.

Während ich demnach über das allmälige Hineinwachsen der Scheidewände bei der Theilung mit *Mohl* übereinstimme, habe ich mich dagegen mit der grössten Bestimm-

Ansicht *Naegeli's* stehen, einmal weil sie dem Gange der Entwicklung der Ansichten über die Zelltheilung entspricht, dann aber auch, weil *Naegeli* in der angeführten Stelle seines Vortrages seine frühere Ansicht weder ausdrücklich zurücknimmt, noch die Gründe angiebt, die ihn veranlassen, seine Meinung aufzugeben und sich der Ansicht *Mohl's* über den Primordialschlauch und die Zelltheilung anzuschliessen.

heit überzeugt, dass *Mohl* bei seiner fernerer Darstellung des Theilungsvorganges im Irrthume ist.

Mohl behauptet bekanntlich, dass die unvollständige Scheidewand ursprünglich von einer in das Lumen der Zellen hineinwachsenden Falte des Primordialschlauches der Mutterzelle gebildet wird, und dass die Zellstoffwand erst später an der ganzen äusseren Fläche des Primordialschlauches und auch zwischen den Platten der Falte noch vor Beendigung der Theilung des Primordialschlauches ausgeschieden wird. Er begründet seine Ansicht in folgender Weise.

In den jüngeren Zuständen der Theilung wird nach ihm durch die aufeinanderfolgende Einwirkung von Alkohol, Wasser und Essigsäure nicht nur der Primordialschlauch von der Wand der Zelle abgelöst, sondern es sollen durch diese Reagentien zugleich die im normalen Zustande eng aneinanderliegenden beiden Platten der eindringenden Primordialschlauchfalte auseinandergeschlagen werden, und man soll hierbei sich überzeugen können, dass die Zellwand der Mutterzelle über die Primordialschlauchfalte glatt hinweggeht, ohne irgendwie in sie hineinzubiegen. Darin soll der Beweis liegen, dass die Theilung (Faltung) des Primordialschlauches offenbar der Bildung der später leicht nachweisbaren Zellstoffmembranen der Scheidewände vorhergehe, und deshalb sieht *Mohl* die Zellstoffhülle als ein Absonderungsprodukt des Primordialschlauches an. Weil *Mohl* ferner die dickwandigen früher erwähnten Zellwandfaltungen (I. 20 c., 21 c.) als Mittelzustände der Theilung ansieht, behauptet er, dass die Absonderung der Zellstoffhülle schon während der Einfaltung des Primordialschlauches geschehen, indem er die dickwandige Falte und die aus Zellstoff bestehenden dicken Seitenwände, in welche jene Falte sich offenbar fortsetzt, einer ausnahmsweise starken Absonderung von Zellstoff auf der ganzen äusseren Seite des Primordialschlauches und zwischen den Platten seiner noch nicht tiefer eingedrungenen Falte zuschreibt. Diese Absonderung von Zellstoff soll gewöhnlich zwar minder stark, aber in gleicher Weise schon vor völliger Abschnürung der Primordialschlauchfalte eintreten und dann in gleichem Schritte mit der Tiefe der eindringenden Falte zunehmen.

Was nun die wichtigste Thatsache, die *Mohl* beibringt, betrifft, nämlich den Nachweis der Faltung des Primordialschlauches in jungen Theilungszuständen, bevor noch eine Zellstoffscheidewand bemerkbar ist, so verhält es sich hiermit nur dann so, wie *Mohl* es angiebt, wenn die in Theilung begriffenen Zellen genau in der von *Mohl*

angegebenen Weise behandelt werden. Dasselbe wie Alkohol, Wasser und Essigsäure nacheinander dem Präparat hinzugefügt, bewirkt auch die aufeinanderfolgende Einwirkung einer Lösung von Jod in Jodkalium und Essigsäure, oft genügt sogar die alleinige Anwendung von Essigsäure. Die Hautschicht (der Primordialschlauch *Mohl's*) zieht sich mehr oder weniger membranartig zurück und zeigt eine der früheren Theilungslinie an Länge und Tiefe entsprechende Falte (I. 10. 12.). Es ist aber ausserordentlich leicht nachweisbar, dass diese Erscheinung künstlich durch die angewandten Reagentien hervorgerufen wird, dass aber das wahre Sachverhältniss ein ganz anderes ist, dass namentlich trotz dieser Erscheinung in jedem, auch dem jüngsten Theilungsstadium immer schon eine zarte Zellstoffzwischenwand, die *Mohl* bei seiner Untersuchungsmethode übersehen hat, vorhanden ist.

Hier ist der Irrthum *Mohl's* ganz, wie bei seiner Deutung der Hautschicht als einer Membran, dadurch entstanden, dass er die Wirkung der Reagentien nach ihrer vollendeten Einwirkung beurtheilt hat und ausser Acht liess, was namentlich bei der gemeinschaftlichen Anwendung gemischter Reagentien nothwendig ist, die Wirkungsweise eines jeden Reagenz, — hier also der Essigsäure und des Alkohols — wenn es allein angewandt wird, zu prüfen. Ausserdem thut hier, wie überhaupt in der Mikrochemie, noch in anderer Beziehung die höchste Vorsicht Noth; man wird nämlich, was vielfach übersehen worden ist, immer sicherer gehen, wenn man bei dem Gebrauche chemischer Reagentien unter dem Mikroskope mit sehr diluirten Lösungen beginnt, und erst allmählig zur Anwendung concentrirterer Lösungen und stärkerer Reagentien übergeht. Es ist dies der einzige Weg, um sich vor Irrthum zu bewahren.

Nun giebt es viele Mittel, um die Hautschicht (den Primordialschlauch *Mohl's*) von der Wand loszutrennen; nicht nur die starken Säuren thun dies, sondern unter anderen auch Zuckerwasser, Kochsalzlösung sowohl in concentrirtem als auch schon in verdünntem Zustande, ebenso wird der Primordialschlauch — um mich so auszudrücken — gefällt durch die bekannte Chlorzinkjodlösung schon in verdünntem Zustande. Während alle diese Mittel diluirt angewendet die Hautschicht eben so vollständig von der Zellwand loslösen, wie dies stärkere Mittel, namentlich die starken Säuren, thun, haben sie vor diesen den Vortheil voraus, dass die Loslösung langsamer geschieht, dass ihre Einwirkung keine so eingreifende Zerstörung hervorruft; dass endlich auch die Art der Einwirkung sich schrittweise verfolgen lässt und nicht allein aus

dem Endresultate beurtheilt zu werden braucht. Und gerade in den zarten Zuständen beginnender Theilung, in welchen die entstehenden Theile nur zu leicht zerstörbar sind, ist die Anwendung schwächerer Reagentien, so lange sie zur Hervorrufung des bestimmten Zwecks ausreichen, nicht nur vorzuziehen, sondern vielleicht einzig und allein erlaubt.

Lässt man aber auf die Theilungszustände der Cladophora-Zellen jene schwächeren Reagentien einwirken, z. B. eine nicht gar zu verdünnte Zuckerlösung, so zieht sich die Hautschicht nicht nur von den Seitenwänden der Zelle, sondern auch von der plötzlich sichtbar werdenden Zellstoffscheidewand ab (I. 7. 11.). Es zeigen sich hierbei ganz dieselben Erscheinungen, welche auch in anderen Zellen, die nicht im Theilungsakte begriffen sind, beobachtet werden können, die ich schon früher geschildert habe, und welche unzweifelhaft die Natur der Hautschicht als einer Substanz schleimig-klebriger Consistenz nachweisen. Nach und nach legt sich die abziehende Hautschicht immer mehr an die gleichzeitig stark zusammengefallene und schon im normalen Zustande eine tiefe Einbuchtung in der Theilungsebene zeigende Körnerschicht eng an, und so erscheint zuletzt die Körnerschicht wie von einer dünnen, scheinbaren Membran der zusammengeflossenen Hautschicht bekleidet (I. 8.). Die wahre aus Cellulose bestehende Scheidewand, die hierbei sichtbar wird, bleibt aber stehen und reicht nicht immer ganz bis an die tiefste Stelle der Einbuchtung der grünen Körnerschicht heran. Jetzt zeigt sich die wahre Scheidewand (I. 7 a. 8 a. 9 a. 11 a.) als eine ungemein zarte, kaum zwei Contouren zeigende Linie von einer überraschenden Dünne. Sie ist ganz senkrecht der Wand der Mutterzelle aufgesetzt, erscheint jetzt nach Loslösung der Hautschicht viel dünner, als vorher, weil eben die Hautschicht, von welcher bekleidet sie dicker erschien, sich zu ihren beiden Seiten von ihr abgelöst hat. Bemerkenswerth ist, dass sie überaus häufig jetzt etwas wellig gebogen erscheint, wahrscheinlich in Folge ihrer grossen Dünne und des mechanischen Loslösens der Hautschicht. Fügt man nun zum Präparate vorsichtig Essigsäure hinzu, so ändert sich in der Lage des Inhalts und in der Beschaffenheit der Seitenwände nichts mehr; ausdrücklich bemerke ich, dass sich nicht von neuem eine Schicht — der etwa von Manchem noch unmittelbar an der Zellwand vermuthete Primordialschlauch — von der Zellwand ablöst; aber die durch die Einwirkung des Zuckerwassers zum Vorschein gebrachte, jugendliche, noch unvollständige Scheidewand löst sich nach und nach unter Einfluss

der Essigsäure vollständig auf. Dies kann gar nicht Wunder nehmen. Dasselbe geschieht auch bei Anwendung stärkerer Säuren und anderer Wasser stark anziehenden Substanzen, z. B. einer Chlorzinklösung. Wie bekanntlich die Cellulose in vielen Fällen durch starke Säuren in Amylum umgewandelt werden kann, so wird sie hier in ihrem äusserst jugendlichen Zustande in einen anderen in Wasser löslichen Stoff der Stärke-Reihe (Gummi? Dextrin?) übergeführt. Ich werde auf diese höchst wichtige Thatsache später noch mit einigen Worten zurückkommen müssen.

Wenn erst die Auflösung der jugendlichen Zellwand unter Einfluss der Essigsäure bekannt ist, so fällt der ganze Werth der von *Mohl* beobachteten Erscheinung und mit ihr auch die ganze Theorie der Zelltheilung durch Einfaltung des Primordialschlauches von selbst. Durch die weitere Untersuchung der Einwirkung anderer Reagentien erhält endlich die von *Mohl* beobachtete Erscheinung ihre vollständige Erklärung.

Die Behandlung der Theilungszustände der Zellen mit verdünnter Zuckerlösung führte nämlich zwar zur Erkennung und Auffindung der wahren Cellulose-Scheidewand, durch die Ablösung der ihr anklebenden Hautschicht; es könnte aber noch ein Zweifel aufkommen in Betreff des Verhaltens des sogenannten Primordialschlauches, welcher bei der Untersuchung *Mohl's* sich als die Falte einer von der grünen Körnerschicht isolirt auftretenden Haut zeigt, bei der von mir vorgezogenen Behandlung aber nur als die Begrenzung der zusammengezogenen Körnerschicht in die Erscheinung kommt. Der Zweifel schwindet jedoch sogleich durch die richtige Erkenntniss der wahren Natur der Hautschicht, welche *Mohl* als Primordialschlauch bezeichnete, und durch die Würdigung des Einflusses, welchen Alkohol und Säuren auf die mechanische Beschaffenheit dieser Hautschicht ausüben.

Ich habe bereits früher bei der Betrachtung der Erscheinungen, welche zur Annahme des Primordialschlauches geführt haben, darauf hingewiesen, dass es ganz von dem Entwicklungszustande der Hautschicht, von dem Massenverhältniss ihrer Ansammlung und von ihrem nicht in allen Zellen gleich grossen Cohäsions- oder Klebrigkeitszustande abhängt, ob sie beim Loslösen von der Zellwand mehr oder weniger die Beschaffenheit einer Haut zeigt. Es ist nun von besonderem Interesse, den Einfluss verschiedener Reagentien auf den Cohäsionszustand dieser Hautschicht zu untersuchen. Namentlich sind es Säuren, Alkohol, auch Jödlösung, welche den Cohäsionszustand dieser Schicht bedeutend erhöhen. Ob dies blos durch Entziehung von Wasser geschieht, ob hierbei noch andere chemische Prozesse einwirken, lässt sich zur Zeit noch nicht aus-

machen. Vorläufig genügt die Thatsache. Im Theilungszustande liegt nun die Hautschicht, so wie überall in den Zellen, der Zellwand, folglich auch der von der Zellwand ausgehenden, in die Zellhöhle hineinragenden, unfertigen Scheidewand genau an. Erhält jetzt die Hautschicht unter dem Einflusse einer Säure oder unter dem Einflusse von Alkohol oder Jod eine grössere Consistenz, und wirkt man zugleich auf die Loslösung derselben von der Zellwand hin, — was bei Anwendung einer Säure schon durch die Säure selbst geschieht, bei Anwendung von diluirtem Alkohol, oder von Jod aber noch die Hinzufügung eines zweiten Reagenz nöthig macht — so zieht sie sich nun membranähnlich von der Zellwand ab und derjenige Theil der Hautschicht, welcher die hineinragende Scheidewand bekleidete, tritt als Falte einer scheinbar selbstständigen und eigenenthümlichen Membran in die Erscheinung. Vielfache Untersuchungen der Theilungszustände unter vorsichtiger Anwendung der genannten Reagentien in passenden Concentrationsgraden haben mir die Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassung geliefert. Wird z. B. eine Zelle im Theilungsacte erst mit verdünntem Alkohol behandelt, wodurch, wie bereits früher angegeben wurde, die wesentlichen Verhältnisse der Ordnung und Lagerung des Inhaltes nicht gestört werden, und fügt man dann eine schwache Zuckerlösung hinzu, die jedoch stark genug ist, um die Loslösung der Hautschicht zu bewirken, so zieht sich die Hautschicht jetzt nicht nur ebenso vollständig von der Wand zurück, als wenn man Zuckerwasser allein angewendet hätte, sondern sie besitzt jetzt auch in Folge der vorhergehenden Anwendung des Alkohol eine grössere Consistenz, sie legt sich nicht mehr so vollständig an die Körnerschicht an, wie dies früher beschrieben wurde, und zeigt jetzt an der Theilungsstelle eine je nach dem Grade der Einwirkung verschieden stark hervortretende Falte, welche natürlich nichts Anderes ist, als die starr gewordene Plasma-Bekleidung der eindringenden und unvollständigen Scheidewand. Die Cellulose-Scheidewand selbst kommt hierbei eben so gut zum Vorschein, wie bei alleiniger Anwendung von Zuckerwasser. Fügt man nun noch Essigsäure hinzu, so löst sich die Cellulose-Scheidewand auf, und man hat genau den von *Mohl* beobachteten Zustand erzeugt, ohne in seinen Irrthum verfallen zu können.

Es geht demnach hieraus hervor, dass *Mohl* die wahre Zellstoffscheidewand bei den Theilungszuständen stets übersehen hat, weil er sie jedes Mal in Folge der von ihm angewendeten Untersuchungsmethode durch die Essigsäure auflöste.

Eine verdünnte Chlorzinkjodlösung ist vorzüglich geeignet, um den Gang der

Erscheinung schnell klar zu machen. Durch dieses Reagenz wird anfänglich blos die Hautschicht in der bereits geschilderten Weise von den Seitenwänden der Zelle und der Zellstoffscheidewand gelöst. Die Zellstoffscheidewand selbst bleibt stehen. Bei längerer Einwirkung dieser zusammengesetzten Flüssigkeit sieht man aber — ohne dass man nöthig hat, ein anderes Reagenz hinzuzufügen — die Zellstoffscheidewand immer undeutlicher werden und endlich vollständig verschwinden. Stellt man den Versuch in der Weise an, dass man zuerst durch Zuckerlösung die Hautschicht von den Zellwänden und der Scheidewand loslöst, und dann eine verdünntere Lösung von blossem Chlorzink hinzufügt, so kann man sich durch das allmälige Verschwinden der Scheidewand überzeugen, dass die Umwandlung des Zellstoffs in eine lösliche Form in der Chlorzinkjodlösung dem Chlorzink zuzuschreiben ist; das Chlorzink wirkt hier auf die junge Zellstoffwand in derselben Weise ein, wie es die Essigsäure und stärkere Säuren thun.

Die angeführten Beobachtungen über Theilung der Zellen von *Cladophora glomerata* liessen die Hautschicht auch während des Theilungsaktes als eine farblose Substanz von schleimig-klebriger Beschaffenheit erkennen, und somit muss auch der Beweis, den man für die hautartige Beschaffenheit des sogenannten Primordialschlauches von der Theilung hernahm, wegfallen. Zugleich ergeben vergleichende Untersuchungen verschiedener Entwicklungszustände der Theilung, dass die Zellstoffscheidewand schon jedes Mal vorhanden ist, wenn überhaupt nur irgend eine Spur der beginnenden Theilung sich bemerkbar macht.

Fassen wir nun zunächst die Bedeutung der dünnen Zellstoffscheidewand, welche ich in jedem, auch dem jüngsten, Theilungszustande der *Cladophorazellen* nachgewiesen habe, näher ins Auge, so scheint dieses Häutchen auf den ersten Blick eine ganz einfache homogene Zellstofflage zu sein, und man wird auf die Vermuthung *Unger's*¹⁾ geführt, dass die Theilung nur eine „Zwischenwandbildung“ ist, d. h. dass ursprünglich nur eine einfache Zellstoffwand zwischen den beiden Hälften der Mutterzelle entsteht, welche erst später in die beiden getrennten Zellstoffhäute, die die Scheidewand älterer Zellen bilden, zerspaltet. Trotz der grossen Mühe, die ich mir gegeben habe, durch die verschiedensten mechanischen und chemischen Mittel, welche bei der leichten Zerstörbarkeit (Auf-

1) Ueber merismatische Zellbildung 1844; und, Ueber das Wachsthum der Internodien. Bot. Zeit. 1844. S. 489.

lösbarkeit) der jungen Scheidewand überhaupt anwendbar sind, das dünne Theilungshäutchen in dem Zustande vor beendigter Theilung in zwei Blätter zu zerlegen, so ist mir dies doch niemals in unzweifelhafter Weise gelungen. Ich gelangte auch bei den anderen von mir untersuchten Conferven, Spirogyren u. s. w. zu keinem besseren Resultate. Die Ansicht *Unger's* entspricht daher vollständig der direkten Beobachtung der gewöhnlichen Zustände der Theilung bei *Cladophora* und einigen anderen Conferven. Aber ganz abgesehen von den theoretischen Gründen, die gegen die Ansicht *Unger's* geltend gemacht werden können, sprechen die normalen Theilungszustände der Oedogonien und Palmellaceen, die ich später näher beschreiben werde, so wie die sehr häufig auftretenden Zustände einer gestörten Theilung bei *Cladophora* und anderen Conferven — d. h. Zustände einer begonnenen, aber in ihrem Verlaufe vor ihrer Beendigung unterbrochenen Theilung — dafür, dass jenes einfache Zwischenhäutchen von Anfang an aus zwei Blättern besteht.

Wie die Missbildungen oft dort noch zur Erkenntniss der gesetzmässigen Form beitragen, wo die Entwicklungsgeschichte bei den gegenwärtigen Hilfsmitteln der Untersuchung uns bis jetzt im Stich lässt, so verbreiten auch jene gleichsam abnormen Theilungszustände bei den Cladophoren Licht über den wahren Vorgang bei der Theilung, welchen die normalen Theilungserscheinungen noch verhüllt lassen.

Sehr häufig bei solchen Cladophoren, die in engen Gefässen zu Hause kultivirt werden, so namentlich bei *Cladophora fracta*, aber auch oft bei den an ihren natürlichen Localitäten wachsenden und frisch untersuchten Pflanzen findet man solche unterbrochene und stehen gebliebene Zustände aus allen Entwicklungsstufen der Theilung. Die Scheidewandbildung beginnt in diesen Fällen, und schreitet auch mehr oder weniger weit in ganz normaler Weise vor, bleibt aber plötzlich stehen. Die in der Entwicklung gehemmten Scheidewände werden dicker, schlagen sich auseinander, und geben sich so als die nach Innen geschlagenen Falten der jetzt in gleicher Weise, wie die Scheidewand verdickten innersten Zellstoffschicht der Mutterzellwand zu erkennen (I. 20 c. 21 c.). Weil diese Zustände, abgesehen von der Verdickung der innersten Zellstoffschicht genau auf der Entwicklungsstufe stehen bleiben, bis zu welcher die Theilung vorgeritten war, als die Störung eintrat, deshalb reicht die Falte, welche die auseinander geschlagene Scheidewand vorstellt, nur bis zu derjenigen Tiefe, bis zu welcher die jugendliche Scheidewand zur Zeit der Störung des Theilungsaktes in das Lumen der Zelle einge-

drungen war. Es stellen diese Zustände die bereits erwähnten Zellwandfalten älterer Zellen vor ¹⁾, und unterscheiden sich von den ebenfalls vorkommenden wahren Falten der Zellwand, welche durch die Einschlagung älterer Zellwände nach Innen entstehen, durch ihre Lage und besonders dadurch, dass sie niemals weiter nach Innen wachsen.

Dies ist die wahre Beziehung jener Seitenfalten älterer Zellen zur Zelltheilung; sie stellen beharrende Entwicklungsstufen der Theilung vor und sind nicht, wie *Mohl* glaubt, der weiteren Entwicklung fähige Mittelzustände der Theilung, was schon eine andauernd fortgesetzte Beobachtung solcher Faltungszustände lehrt, die sich niemals mehr verändern, deren Tiefe namentlich niemals mehr zunimmt.

Naegeli ²⁾ führte bei der versuchten Bekämpfung der Theorie der Zelltheilung nach *Mohl* als Grund gegen das Hineinwachsen der Scheidewände von der Peripherie nach dem Centrum an, dass keine beharrenden, unvollständigen Entwicklungsstufen der Theilung gefunden würden, während unausgebildete Zustände doch sonst bei dem Entwicklungsgange organischer Formen fast regelmässig auftreten. Dieser theoretische Grund fällt jetzt natürlich weg; es lässt sich aber mit *Naegeli* — nicht gegen die Ansicht *Mohl's*, die schon in der vorhergehenden Darstellung ihre Widerlegung findet — wohl aber gegen die Anschauungsweise *Unger's* anführen, dass, wenn die Annahme einer einfachen Zwischenwandbildung richtig wäre, die beharrenden Entwicklungsstufen der Scheidewand als der Wand der Mutterzelle rechtwinklig aufgesetzte Ringe, etwa wie die Ringe in den Ringfaserzellen der Cacteen, erscheinen müssten; da sie aber als Falten der innersten Zellwand auftreten, so kann über die wahre Natur des dünnen Theilungshäutchens wol kein Zweifel sein.

Die Entwicklungsgeschichte gestattet überdies noch einen Einblick in die Art und Weise, wie bei abnormem Gange der Theilung das dünne Zwischenwandhäutchen sich in die dickere Falte umbildet.

Das Erste, was bei der Störung der Theilung dem Beobachter auffällt, der noch unvollendete Scheidewände untersucht, ist die Erscheinung, dass die unfertige Scheide-

1) Man vergleiche S. 19 und wegen der wahren Zellwandfalten noch den Abschnitt VI. über die Deutung der Theilung der Pflanzenzellen.

2) Zeitschrift f. w. Botanik. Heft I. S. 99.

wand an ihrem in die Zellhöhle hineinragenden Ende etwas verdickt oder vielmehr aufgetrieben erscheint (I. 14. 13.); und man erkennt bei genauerer Betrachtung sogleich, dass die Verdickung oder Auftreibung von einer beginnenden Trennung der beiden die Scheidewand bildenden Blätter, die unten ineinander übergehen, herrührt. Zuerst sieht man nämlich nur einen dunklen Punkt innerhalb der Scheidewand an ihrem Ende (I. 14. 13.); dieser vergrößert sich jedoch bald und ist nun mit Sicherheit als der entstehende und sich vergrößernde Raum zwischen den beiden in einander übergehenden Blättern der Scheidewand erkennbar ¹⁾. Die Trennung der beiden, unten ineinander übergehenden, also eine Falte bildenden Blätter schreitet nun von dem Centrum nach der Peripherie, also entgegengesetzt dem Wachsthum der Scheidewand, welches von der Peripherie nach dem Centrum stattgefunden hatte, vor, bis die Falte sich endlich völlig auseinandergeschlagen hat, wodurch der unmittelbare Uebergang ihrer Blätter in die jüngste Schicht der Zellwand sichtbar wird, und unter gleichzeitiger Verdickung dieser Schicht die bereits mehrfach erwähnten Zellwandfalten in älteren Zellen entstehen ²⁾.

1) Solche dunkle Punkte, Andeutungen einer am Ende stattfindenden Trennung zweier eng anliegenden Blätter einer Falte sind auch in den wahren Zellwandfalten sichtbar, welche *Cohn* (Nova Acta Acad. Leop. Nat. Cur. Vol. XXII. p. II. pag. 511) in den Oberhautzellen der Blumenblätter bei einigen Pflanzen nachgewiesen hat.

2) Ich fürchte, mich zu sehr ins Detail zu verlieren, wenn ich eine Erklärung dafür versuche, warum das Auseinanderschlagen der Falte in einer der Entstehung der Scheidewand entgegengesetzten Richtung erfolgt. Es mögen deshalb einige Andeutungen genügen. Es ist bemerkenswerth, dass bei Falten, die aus tief eingedrungenen Scheidewänden entstanden sind, bei denen die Communicationsöffnung zwischen beiden Seiten der Zelle daher nur eine sehr geringe war, der Inhalt innerhalb der noch vorhandenen Communicationsöffnung so zusammengepresst erscheint, dass er die Oeffnung fast wie ein Pfropf verschliesst. Dies scheint darauf hinzudeuten, dass der Inhalt dem normalen Fortgange der Theilung, d. h. dem weiteren Eindringen der Scheidewand ein Hinderniss in den Weg gesetzt hat. Es geht aus meiner Darstellung genügend sicher hervor, dass die dünne Zellstoff-Zwischenwand von Anfang an eine Falte der innersten Zellstoffschicht der Mutterzelle gewesen ist. Diese Falte entstand in Folge eines in der Peripherie eines senkrecht auf die Axe der Zelle gedachten Kreises eintretenden Wachsthumes der jüngsten Zellschicht durch Intussusception. Die entstandene Falte wächst durch Intussusception an ihrer Spitze, d. h. an ihrem dem Lumen der Zelle zugekehrten Ende, weiter, ähnlich dem Spitzenwachsthum schlauchartiger Zellen (m. s. meine Entwicklungsgeschichte der *Achlya*. Nov. Act. Acad. Nat. Cur. Vol. XXIII. I. p. 445—446). Wird nun dem Eindringen der Scheidewand durch den nicht mehr ausweichenden Zellinhalt plötzlich ein Hinderniss in den Weg gelegt; so ist es ganz natürlich, dass die durch Spitzenwachsthum fortwachsende Falte,

Diese Beobachtung des Auseinanderschlagens der Scheidewand bei unterbrochener Theilung genügt als thatsächlicher Beweis für meine Behauptung, dass das dünne Zwischenwandhäutchen von Anfang an die nach Innen geschlagene Falte der innersten Cellulose-Schicht ist. Eine fernere Stütze meiner Ansicht habe ich in dem Verhalten der Zwischenwand bei der Zelltheilung der zur Gattung *Oedogonium* gehörenden Conferven gefunden; ausserdem sprechen noch theoretische Gründe für sie.

B. Theilung der Zellen bei *Conferva*.

Die Zelltheilung geschieht ganz in derselben Weise, wie bei den Arten der Gattung *Cladophora*, auch bei *Conferva utriculosa*.

Das allmälige Hineinwachsen der Scheidewand bei der Zelltheilung und die mittlere Oeffnung der unvollständigen Scheidewände ist bei dieser Pflanze, deren Zellen wegen der geringeren Grösse die inneren Zellverhältnisse deutlicher erkennen lassen, so augenfällig, dass schon der erste Zustand, den man sieht, unbedingt ohne jede weitere Untersuchung die Frage entscheidet (I. 15). Dass auch hier die Hautschicht keine Membran ist, und die Theilung, wie ich bei *Cladophora* nachwies, durch das Eindringen einer Zellstoffzwischenwand (Falte der jüngsten Zellschicht) erfolgt, und nicht durch eine Einfaltung des Primordialschlauches geschieht, ergibt sich leicht, wenn man die Versuche so wie bei *Cladophora* anstellt. Auch hier kann man durch Alkohol, Wasser und Essigsäure, oder durch Essigsäure allein, oder durch Jod und Essigsäure den von *Mohl* bei *Cladophora* dargestellten Zustand einer Faltung des scheinbaren Primordialschlauches, ohne dass eine Zellstoffzwischenwand in die Falte eindringt, hervorrufen; aber auch hier wird bei vorsichtiger Anwendung der von mir angegebenen Methode der Untersuchung das wahre Sachverhältniss sogleich klar. — Bei Anwendung einer Zuckerlösung zieht sich die Hautschicht nicht wie eine Membran, sondern wie eine klebrig-

die nicht mehr tiefer eindringen kann, zuerst eine Ausbuchtung ihres Endes erfährt, und dass alsdann unter Hinzutretung von Wachsthumerscheinungen beider ungetrennter Hälften der Mutterzelle das völlige Auseinanderschlagen der Falte in der angegebenen Richtung vom Centrum nach der Peripherie erfolgt.

schleimige Substanz von der Zellwand zurück und legt sich an die grüne Körnerschicht an; das wahre Zellstoff-Zwischenhäutchen kommt zum Vorschein (I. 17); durch Hinzufügen von Essigsäure wird es allmählig aufgelöst. — Bei Anwendung der verdünnten Chlorzinkjodlösung tritt in ausnehmend schöner Weise die consistenter gewordene Hautschicht in Form einer theilweise von der grünen Plasma-Schicht getrennten Membran mit einer Falte in der Theilungsebene auf; die Erscheinung gleicht vollkommen der von *Mohl* bei *Cladophora* durch Alkohol, Wasser und Essigsäure hervorgerufenen, nur kommt auch das wahre Zellstoff-Zwischenhäutchen, welches bei *Mohl* durch die Essigsäure aufgelöst wurde, von verdünnter Chlorzinkjodlösung aber nicht sogleich angegriffen wird, gleichfalls zum Vorschein (I. 16.), es reicht bis zur tiefsten Stelle der Falte des scheinbaren Primordialschlauches. Nach und nach verschwindet es aber bei längerer Einwirkung des Chlorzink und verschwindet endlich vollständig. Eine Zerlegung des zarten Zellstoff-Zwischenhäutchens in zwei Blätter und der directe Nachweis, dass es eine Falte ist, ist mir aber auch hier nicht gelungen; dagegen kommen unterbrochene Zustände der Theilung hier ebenfalls vor (I. 18.).

C. Theilung der Zellen bei *Spirogyra* und den *Zygnemaceen* überhaupt.

Die Zellen der *Cladophora*-Arten und die Zellen von *Conferva utriculosa* besitzen keinen Cytoblasten, wenigstens ist er bis jetzt in ihnen nicht aufgefunden worden. Es scheint mir nun von Interesse, die Zelltheilung noch in solchen Algen zu untersuchen, deren Zellen einen Cytoblasten haben.

Bei den *Spirogyren* ist die Zelltheilung von *Alex. Braun* untersucht worden; ich kann mich deshalb in der Beschreibung des Vorganges kürzer fassen, denn ich weiss der Darstellung der Theilung der *Spirogyrenzelle* von *Braun* kaum etwas Wesentliches hinzuzufügen. Dagegen kann ich die Schlüsse nicht theilen, welche *Braun* in Folge der Uebereinstimmung seiner Ansicht über die Zelltheilung mit der Theorie der Zelltheilung nach *Mohl* aus den beobachteten Erscheinungen zieht.

Haut- und Körnerschicht verhalten sich in den *Spirogyren* nicht wesentlich an-

ders als in anderen Zellen. Die Hautschicht liegt in einer starken Lage der Wand der Zelle unmittelbar an, die Körnerschicht nimmt hier die Gestalt von Spiralbändern an, welche unmittelbar unter der Hautschicht liegen. Bei den Conferven überhaupt ist die Scheidung der Hautschicht von der Körnerschicht oft sehr deutlich. So bei *Cladophora*, wo die Körnerschicht ein durch formloses Chlorophyll theilweise gefärbtes Plasmanetz darstellt, in welchem die Chlorophyllkörner meist in den Ecken der Maschen liegen, am schärfsten bei *Spirogyra*, wo das grüne Spiralband ganz leicht von der Hautschicht loszutrennen ist. Der Cytoblast ist bei *Spirogyra* central, und farblose Plasmastränge verbinden ihn mit den Spiralbändern. Die Theilung der *Spirogyra*zellen erfolgt ganz in derselben Weise wie bei *Cladophora* und *Conferva*.

Das allmälige Hineinwachsen der Scheidewände ist ungemein deutlich. Die Spiralbänder werden von der Scheidewand in der Theilungsebene zuerst genau so eingebogen, wie die ihnen morphologisch gleichwerthige grüne Körnerschicht bei *Cladophora*. Da die Spiralbänder aber einen sehr festen Zusammenhang haben, so ist die Continuität der in der Theilungsebene eingebogenen Spiralbänder mit der grössten Schärfe zu verfolgen (III. 2. 3. 4. 5. 7.), zuletzt werden die Spiralbänder endlich von der eindringenden Scheidewand förmlich durchschnitten, ohne eine bedeutende Aenderung ihrer Ordnung erfahren zu haben. Die Hautschicht liegt auch bei *Spirogyra* ganz so, wie bei *Cladophora*, der eindringenden Scheidewand, von der sie, ähnlich wie die Körnerschicht, eingebogen wird, innig an. Unter allen Conferven besitzt die Hautschicht bei den *Spirogyren* die grösste Consistenz; sie zieht sich bei ihnen daher am leichtesten membranartig von der Wand der Zelle ab, auch bei Anwendung solcher Reagentien, welche in anderen Fällen die schleimige Consistenz der Hautschicht sicher nachweisen, erscheint sie hier meist wie eine Membran; dennoch kann man auch bei den *Spirogyren*, wenn man nur vorsichtig eine verdünnte Zuckerlösung langsam einwirken lässt, wenigstens häufig sich vollkommen überzeugen, dass sie nur eine Schicht einer schleimig-klebrigen Substanz und nicht eine Membran ist¹⁾. Gerade die feste Consistenz der Hautschicht bei

1) Es ist sogar besonders bei den *Spirogyren* ausserordentlich leicht, den Zellinhalt durch Reagentien in zwei gesonderte Theile in solcher Weise auseinander zu ziehen, dass jeder Theil von einer glatten Grenzlinie gleichsam von einem eigenen Primordialschlauche umgeben ist, welcher durch das Zusammenschliessen der klebrigen Hautschicht an der Rissstelle entstanden ist.

den Spirogyren erleichtert aber die Untersuchung des Theilungsvorganges; eben weil sie sich hier unter Einfluss einer concentrirten Zuckerlösung oder einer anderen stärker endosmotisch wirkenden Substanz von der Wand der sich theilenden Zelle und von der entstehenden Scheidewand leicht wie eine Membran ablöst, bleibt auch derjenige Theil, der die eindringende Scheidewand bekleidet, leichter als scheinbare Falte einer Membran stehen. Und wegen der geringen Klebrigkeit, mit welcher die Hautschicht an der Zellwand haftet, wird auch beim Ablösen der Hautschicht von der Wand das Zellstoff-Zwischenhäutchen bei den Spirogyren viel leichter sichtbar als bei den Cladophoren und Conferven. Es ist deshalb bei den Spirogyren auch viel leichter als bei den übrigen Conferven jenen Zustand in den Theilungszellen hervorzurufen, in welchem der Inhalt von einem in der Theilungsebene gefalteten Primordialschlauch zusammengezogen erscheint und das dünne Zellstoff-Zwischenhäutchen, von der Zellwand ausgehend, in die Falte hineinragt. Solche Zustände rief *Alex. Braun* durch Alkohol hervor, erkannte das Zellstoff-Zwischenhäutchen, deutete aber die Erscheinung im Sinne der Theorie *Mohl's*, indem er annahm, dass die Faltung des scheinbaren Primordialschlauches der Bildung der Zellstoff-Zwischenwand vorhergehe und dass diese ein Absonderungsproduct des Primordialschlauches sei. Gegen diese Deutung spricht aber die wahre Beschaffenheit der Hautschicht, welche ihrer Natur nach nicht Falten bilden kann, und die jüngsten Entwicklungsstufen der Theilung liefern die sicherste Wiederlegung dieser Ansicht.

Jenes Zellstoff-Zwischenhäutchen, welches *Braun* ebenfalls erkannte, aber für ein Absonderungsproduct der Blätter der Primordialschlauchfalte hielt, ist nämlich stets von Anbeginn der Theilung an vorhanden; niemals wird es weder hier noch wie bei *Cladophora* gelingen, einen Zustand aufzufinden, in welchem eine Faltung des scheinbaren Primordialschlauches vorhanden ist, das Zellstoff-Zwischenhäutchen aber fehlt. Bei *Cladophora* und *Conferva* ist der Anfang der Theilung schwer zu bestimmen; denn die Entwicklungsstufe der Theilung ist nur nach der Breite der eingedrungenen Scheidewand oder der Tiefe der Einbringung der Körnerschicht zu beurtheilen; bei den Spirogyren ist dies wegen der gleichzeitig mit der Theilung eintretenden auffallenden Erscheinungen im Inneren der Zelle leichter. In den Theilungszellen finden sich nämlich an Stelle des einen Cytoblasten der Mutterzelle, welcher immer in der Theilungsebene liegt, zwei neue Cytoblasten, welche bei Beginn der Theilung unmittelbar an der Theilungsebene liegen (III. 1.), mit dem Fortschreiten der Theilung aber von der Theilungsebene weg

langsam nach der Mitte der jungen entstehenden Tochterzellen rücken (III. 2. 3.). Nach Beendigung der Theilung sind die Cytoblasten in der Mitte der Zelle angelangt, und verlassen nun im normalen Verlaufe des Zellenlebens ihre Stelle nicht mehr.

Die Stellung der beiden Cytoblasten in einer Theilungszelle giebt so das sicherste Kennzeichen für den Alterszustand der Theilung. Mit Sicherheit ist es mir gelungen, das Zellstoff-Zwischenhäutchen schon in dem Zustande der Theilung nachzuweisen, in welchem die beiden jungen Cytoblasten noch hart aneinander und unmittelbar an der Theilungsebene liegen. Dieser Zustand muss selbst von denjenigen, welchen es wahrscheinlich sein sollte, dass die Entstehung der jungen Cytoblasten der Bildung der Scheidewand vorhergeht, als der jüngste Zustand der Wandbildung bezeichnet werden, denn er ist der erste sichtbare Zustand einer Trennung im Inhalte, also der einzige, der als Beginn der Theilung wissenschaftlich in Frage kommen kann, und mit der Aufindung des Zellstoff-Zwischenhäutchens in diesem Zustande der Theilung scheint nun auch, abgesehen von den Gründen, welche von der Beschaffenheit der Hautschicht herzunehmen sind, die Praeexistenz der Zellstoff-Zwischenwand vor jeder Trennung des Inhaltes (Faltung des Primordialschlauches) entschieden.

Ich erwähne nur kurz, dass ich den Vorgang der Zelltheilung in derselben Weise, wie bei der Gattung *Spirogyra* auch bei den übrigen Gattungen der Zygnemaceen habe verfolgen können, so namentlich bei *Mougeotia* und *Zygnema*; die nähere Auseinandersetzung der specielleren Verschiedenheiten des Theilungsvorganges bei diesen Pflanzen behalte ich mir jedoch, da sie nur den Zellinhalt betreffen, für einen anderen Ort vor, und verweise hier nur noch auf die beigegebenen Tafeln, wo verschiedene Theilungszustände anderer Zygnemaceen abgebildet sind, und auf die Erklärung der Abbildungen (III. 1—15.).

D. Theilung der Zellen bei *Oedogonium* und den *Palmellaceen*.

Ein besonderes Interesse bietet der Theilungsvorgang bei den zur Gattung *Oedogonium* gehörigen Algen, schon deshalb weil die Zellen dieser Algengattung einen parietalen Cytoblasten besitzen, während die *Spirogyren* einen centralen Cytoblasten ha-

ben, und auch dieses Verhältniss bei der Zelltheilung Berücksichtigung zu verdienen scheint; ausserdem aber wird noch durch das eigenthümliche Verhalten der Membran der Mutterzelle und wegen gewisser ungewöhnlichen Erscheinungen im Inhalte der Zellen eine besondere Erörterung der Theilung der Oedogonien-Zellen nöthig, obgleich der wesentliche Theilungsvorgang bei ihnen in der allgemein gültigen, bereits bezeichneten Weise geschieht. —

Achtet man auf den Inhalt der Oedogonien-Zellen, so wird man sogleich den auffallenden Unterschied bemerken, welcher in Beziehung der Inhaltsmenge auch zwischen gleich erwachsenen Zellen vorhanden ist. Längenwachsthum und Inhaltsvermehrung halten bei den Oedogonien-Zellen nicht gleichen Schritt. Erst wenn das erstere vollständig beendigt ist, beginnt die letztere, und die Theilung der Zelle erfolgt erst nach vollendeter Ansammlung des Inhaltes. Um die ersten Anfänge der Theilung zu beobachten, muss man daher seine Aufmerksamkeit auf die am stärksten mit Inhalt erfüllten Zellen richten. Hier bemerkt man bald, dass entweder unmittelbar unter dem oberen Ende der Zelle (II. 15. 16.)¹⁾, oder wenn dieses Ende jene ringartige Streifung zeigt, welche bei vielen Oedogonien-Zellen bekannt ist, unmittelbar unter dem letzten Ringstreifen (II. 2. 3.) die Ansammlung einer farblosen Masse erfolgt ist, welche, wie ein innerhalb der Zelle an der Wand anliegender Ring, den Zellinhalt zusammenschnürt. Bei Anwendung einer verdünnten Chlorzinkjodlösung zieht sich der Inhalt in der bekannten Weise zusammen, der erwähnte Ring bleibt aber in seiner Lage an der Wand der Zelle, lässt sich nun aufs Genaueste in seiner Continuität verfolgen, und man erkennt leicht, dass er zwischen Zellwand und dem von der Hautschicht umgebenen Inhalte liegt. Bei Anwendung einer stärkeren Chlorzinkjodlösung wird er schön blau (II. 11 a.). Da der Inhalt der Zelle der genauen Verfolgung der ganzen Ausdehnung des Ringes hinderlich ist; so wird der Ring in der unverletzten Zelle meist nur durch einen scheinbaren Tropfen zu beiden Seiten der horizontal liegenden Zelle sichtbar. Seine Blaufärbung durch längere Einwirkung einer starken Chlorzinkjodlösung, während Jod allein ihn nicht blau färbt, weist nach, dass er aus Zellstoff besteht.

1) Hier wie bei der ganzen Darstellung der Verhältnisse des Wachstums und der Inhaltsvermehrung der Oedogonien-Zellen bitte ich auch die besondere Erklärung der Figuren am Ende des Werkes zu berücksichtigen.

Bei genauerer Beobachtung erkennt man jedoch, dass nicht der ganze Ring durch Chlorzinkjodlösung blau wird, sondern dass sein äusserster Theil ungefärbt bleibt. Dieser Unterschied zwischen seiner äusseren und inneren Substanz macht sich bei grösseren Ringen auch schon im ungefärbten Zustande geltend; es zeigt sich eine Grenzlinie zwischen dem äusseren und inneren Theile oft in der Weise, dass der äussere Theil wie in einer Rinne des inneren Theiles zu liegen scheint (II. 3. 6.).

Die Bildung des Zellstoffringes geht jedesmal ohne Ausnahme der Theilung voraus; diese tritt nur in den Zellen ein, welche jenen Ring haben und erfolgt meist kurze Zeit — höchstens wol 1—2 Stunden, wenn nicht die Ausbildung der Zelle überhaupt gehindert ist und die Theilung ganz unterbleibt — nach seinem Erscheinen. Die begonnene Theilung wird durch eine Querlinie bemerkbar, welche den Inhalt der Zelle in zwei Hälften, eine obere, in welcher der Zellstoffring liegt, und eine untere theilt (II. 3.). Die Querlinie entspricht der entstehenden oder vollendeten Scheidewand, je nach dem Zustande der vorgerückten Theilung. Kurze Zeit, nachdem die Theilung durch die Querlinie angezeigt ist, sieht man, wenn man ununterbrochen beobachtet, die Membran der Mutterzelle in einem scharfen Querrisse gerade über der Mitte des entstandenen Zellstoffringes aufbrechen. Hierdurch zerfällt die Wand der Mutterzelle in zwei sehr ungleiche Stücke, ein kleines oberes und ein verhältnissmässig grösseres unteres. Mit dem Aufbrechen der Mutterzelle tritt die obere, junge Tochterzelle etwas hervor (II. 4.); der Zellstoffring dehnt sich vermöge eines halbflüssigen Zustandes, indem er sich befindet, über die Wand der jungen Zelle, so weit diese durch das Hervortreten aus der Mutterzelle frei geworden ist, aus, und wird zu einer deckenden Hülle für die zarte, hervortretende Tochterzelle. Wie er aber selbst aus zwei differenten Theilen, einem inneren und einem äusseren bestand, so entstehen auch zwei verschiedene Häute aus ihm; eine innere, die sich leicht mit Chlorzinkjodlösung bläuet, und eine äussere, die es unter gleichen Verhältnissen nicht thut (II. 4 b. c.).

Nun sieht man, wie im Laufe weniger Stunden — bei den verschiedenen Oedogonien ist die Dauer verschieden, mindestens wol 1—2 Stunden, höchstens 5—6 Stunden — die untere der beiden entstandenen Tochterzellen sich langsam so weit ausdehnt, d. h. wächst, bis sie um ein Geringes, die Bruchstelle der Mutterzellhaut überragt (II. 5. 6. 7.). Durch das Wachsthum der unteren Tochterzelle wird die obere Tochterzelle immer mehr aus dem stehenbleibenden unteren Membranstück der Mutterzelle hervorge-

schoben, und tritt endlich ganz aus demselben heraus. In demselben Maasse, wie ihre Seitenwände aus der alten Haut der Mutterzelle hervortreten, dehnen sich die beiden Hüllmembranen, welche aus dem Zellstoffring entstanden sind, über sie aus, und diese Ausdehnung schreitet auch in gleichem Schritte mit dem späteren Längenwachsthum der oberen Zelle fort. So lange die untere Tochterzelle wächst, wächst nämlich die obere Tochterzelle nicht; hört aber die untere Tochterzelle zu wachsen auf — und dies geschieht stets, sobald ihre obere Scheidewand etwas oberhalb der Bruchstelle der Mutterzellhaut angelangt ist — so beginnt nun ihrerseits die obere Tochterzelle zu wachsen, und dehnt sich meist so lange aus, bis sie ungefähr die Länge der Mutterzelle erreicht hat; dies gilt wenigstens normal für die vegetativen Zellen.

Nach geschehener Theilung und nach vollendetem Längenwachsthum zeigen daher die beiden aus einer Mutterzelle entstandenen Tochterzellen folgenden Bau (II. 1.)

Die untere Tochterzelle hat die Stelle der Mutterzelle eingenommen, sie steckt fast ganz in dem stehen gebliebenen unteren Stücke der Mutterzellhaut, wie in einer Scheide; ihre Membran liegt nur locker der Mutterzellhaut an, oft ist eine dunkle Grenzlinie zwischen beiden bemerkbar, und die Oeffnung der Mutterscheide ist ausnahmslos unterhalb der oberen Scheidewand der unteren Tochterzelle durch eine Querlinie, die seitlich über die Grenzlinie der Tochterzelle hinausgeht, zu erkennen (II. 1 d.).

Die obere Tochterzelle seitlich von den beiden aus dem Zellstoffring entstandenen Hüllmembranen gedeckt, welche jedoch in Verbindung mit der eigenen Haut der oberen Tochterzelle gewöhnlich nur wie eine Membran erscheinen, trägt an ihrem oberen Ende den kleineren Theil der Mutterzellhaut, den sie bei ihrem Hervortreten mit in die Höhe genommen hat, und der ihr nun bleibend wie eine Kappe aufsitzt (II. 1 e.)¹⁾. Hatte die Mutterzelle der beiden Tochterzellen vor dem Aufbrechen schon eine oder mehrere ringartige Streifen an ihrem oberen Ende, so wird die obere Tochterzelle nun einen Streifen mehr zeigen; d. h. es wird das kleine, obere Stück der aufgebrochenen Mutterzelle als ein neues Glied einer bereits vorhandenen ein- oder mehrgliedrigen Kappe

1) Etwas Aehnliches, wie hier bei den Zellen der Oedogonien, geschieht bei den Zellen der Paraphysen von *Diphyseium foliosum*, dort wird (s. *Schimper*: recherches anat. et morphol. sur les mousses. Strasb. 1848 pag. 52. tab. VI. fig. 42—46), wie es scheint, die jüngste Schicht der Zellwand, ohne dass eine Theilung vorher erfolgt, übermässig durch Wachsthum ausgedehnt; hierdurch reissen die älteren Schichten in zwei Hälften, die an den Enden der wachsenden Zelle sitzen bleiben.

hinzugefügt. Die Mutterzelle ist daher an ihren beiden Tochterzellen noch erkennbar durch die Mutterscheide, in welcher die untere Zelle steckt, und durch die Kappe, oder doch das letzte Glied der Kappe, welche der oberen Tochterzelle aufsitzt.

Die beiden Hüllmembranen der oberen Tochterzelle endlich, welche aus dem Zellstoffring entstanden sind, schliessen sich unten in der Regel eng an die innere Seite der Mutterscheide der unteren Zelle an und verwachsen hier mit dieser vollständig, dadurch wird der Zusammenhang der oberen und unteren Tochterzelle, welcher durch das Aufbrechen der Mutterzelle aufgehoben wurde, wiederhergestellt, und die allgemeine Hülle der Conferven, welche durch die eigenthümliche Zellvermehrung der Oedogonien unmöglich wird, ersetzt. Hierdurch entsteht der Intercellularraum an der Berührungsstelle der oberen und unteren Tochterzelle (II. 1 m. 2 m. 7 m.), und die über ihn äusserlich sich hinziehende, oft äusserst dünne Haut, welche daher eine ganz andere Entstehung hat, als die Membran, welche die Intellullarräume benachbarter Conferven-Zellen überzieht.

Mit ihrer oberen Begrenzung legen sich diese beiden Hüllmembranen meist ohne Verwachsung an die Mutterkappe der oberen Tochterzelle an; häufig ist hier wenigstens anfänglich noch ein Zwischenraum zwischen den Hüllmembranen und der Mutterkappe sichtbar (II. 4 f. 8 f.). So lange die beiden Tochterzellen wachsen, findet in ihnen keine Inhaltsvermehrung statt, so dass die beiden ganzen Tochterzellen unmittelbar, nachdem eine jede ausgewachsen, ungefähr die Länge der Mutterzelle erreicht hat, zusammen nur soviel Inhalt, wie ihre Mutterzelle allein, besitzen. Auf dieses für die Erkennung der wahren Beziehungen der Hautschicht zum Leben der Zelle günstige Verhältniss werde ich sogleich zurückkommen. Nach Beendigung des Längenwachsthums beginnt in beiden die Inhaltsvermehrung, und wenn diese vollendet ist, schicken sich die Tochterzellen in der geschilderten Weise wieder selbst zur Theilung an ¹⁾.

1) Dieser Vorgang der Zelltheilung bei den Oedogonien verdient in vielfacher Beziehung eine genaue Betrachtung. Es würde mich jedoch zu weit vom Zwecke der vorliegenden Abhandlung abführen, wollte ich auf alle Folgerungen eingehen, die sich namentlich für die Morphologie der Algen hier anknüpfen lassen. Ich werde im Texte deshalb nur den Vorgang der Theilung und die Beziehungen der Hautschicht zur Zellwand berücksichtigen. Seit mehreren Jahren mit Untersuchungen über Morphologie der Algen beschäftigt, habe ich die Wachstumsverhältnisse der zu den Gattungen Oedogonium und Bulbochaete gehörigen Süsswasser-Conferven in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen, und ich hoffe, das Resultat meiner Beobachtungen über diese Conferven gemein-

Gerade die Deutung der Theilung ist aber bei den Oedogonien schwieriger, als bei den vorher untersuchten Conferven. Wie bereits erwähnt, ist die Theilung schon vollendet, noch bevor die Mutterzelle aufbricht. Die Bildung der Scheidewände geschieht hier aber so rasch, dass es kaum möglich ist, trotzdem man durch den Zellstoffring, welcher der Theilung vorhergeht, auf die Anfänge der Theilung aufmerksam gemacht wird, Mittelzustände der Theilung in Form unvollendeter in der Mitte noch offener Scheidewände aufzufinden, und durch endosmotische Mittel, wie bei den anderen Conferven, deutlich zu machen. Nichts desto weniger ist die allmälige Bildung der Scheidewand von der Peripherie nach dem Centrum hin auch hier zweifellos zu verfolgen, nur treten bei der Einwirkung endosmotischer Mittel auf den Inhalt der Theilungszellen der Oedogonien die Erscheinungen des Zusammenziehens im Inhalte in etwas abweichender Weise

schaftlich mit anderen Untersuchungen über Algen schon in Kurzem der Oeffentlichkeit übergeben zu können. Bemerken will ich hier nur in Betreff der Oedogonien, dass sich aus ihrer eigenthümlichen Zellbildung alle die Besonderheiten des Baues erklären lassen, durch welche die Oedogonien sich von den andern Conferven unterscheiden. So ist namentlich die Erklärung der ringartigen Streifen, welche an dem oberen Ende vieler Zellen der Oedogonien schon von den frühesten Beobachtern gesehen, aber in ihrer Bedeutung nicht erkannt wurden, sehr einfach; sie sind die den oberen Tochterzellen aufsitzenden Mutterkappen und die Anzahl ihrer Glieder (Streifen) entspricht genau der Anzahl der aufeinandergefolgten Theilungen an den bereits mit einer Mutterkappe versehenen Zellen. Nicht minder klar ist, dass zu jedem Gliede einer Kappe eine Mutterscheide gehört, in welcher irgend eine, nicht gerade immer die nächst unterste, Zelle des Fadens steckt. Diese Scheiden sind bisher ganz übersehen worden. Endlich erklärt sich bei einigem Nachdenken von selbst, wie hieraus jene leeren Zellen unter den Sporangien einiger Oedogonien und der Bulbochaete-Arten entstehen, welche zur Annahme einer Copulation zweier benachbarten Zellen desselben Fadens bei Bildung des Sporangium geführt haben. Die Scheidewand entsteht in diesen Fällen fast unmittelbar an dem unteren Ende der Mutterzelle; dadurch fällt der gesamte Inhalt der Mutterzelle der oberen Tochterzelle, die zum Sporangium wird, zu; die untere Tochterzelle füllt sich bei ihrer in der geschilderten Weise stattfindenden Ausdehnung nicht mehr mit Inhalt an und bleibt als leere Stützzelle des Sporangium stehen. Ausserdem bemerke ich hier vorläufig, dass das Aufbrechen der Mutterzelle bei der Theilung in ähnlicher Weise, wie bei den Oedogonien, auch bei den Desmidiaceen (*Closterium*, *Micrasterias*, *Euastrum* etc.), und wahrscheinlich auch bei den Bacillarien (namentlich bei *Melosira*, *Navicula*, *Synedra*) stattfindet. Meine an diesen Zellen angestellten Untersuchungen sind jedoch, besonders was die Bacillarien betrifft, noch nicht ganz zur Veröffentlichung geeignet. Dass bei *Bulbochaete* ein Aufbrechen der Mutterzelle bei der Theilung stattfindet, war schon nach der nahen morphologischen Verwandtschaft von *Bulbochaete* und *Oedogonium* zu vermuthen; aber das Aufbrechen der Mutterzelle findet bei *Bulbochaete* regelmässig nur bei der Entstehung der ersten Zelle der Seitensprosse eines älteren Sprosses statt.

ein. Die den aufeinanderfolgenden Zellgenerationen angehörigen Schichten der Zellwand legen sich, wie bereits früher erwähnt wurde, nur lose aneinander an, so dass bei den grösseren Oedogonien die den Mutterzellen angehörige Schicht sich oft von selbst im Laufe der Entwicklung von der der Tochterzelle angehörigen Zellschicht abschält. Dies gilt natürlich ebenfalls von der jüngsten Zellstofflage einer Mutterzelle, durch deren Faltung eben die Theilung geschieht, und welche die Zellstoffwände der entstehenden Zellen bildet. Anstatt deshalb, wie in den Theilungszellen von *Cladophora*, *Spirogyra* etc., unter Einwirkung endosmotischer Mittel an der Zellwand fest kleben zu bleiben, während nur der Inhalt von der Hautschicht umschlossen sich zusammenzieht, wird bei den Oedogonien die jüngste sich einfaltende Schicht der Zellwand zugleich mit dem Inhalte von der Zellwand abgelöst, und bleibt nicht mit der Zellwand, sondern mit dem zusammenfallenden Inhalte verbunden. Wenn daher schwache Reagentien (diluirte Chlorzinkjodlösung, verdünnte Kochsalz- oder Zuckerlösung) auf solche Oedogonien-Zellen einwirken, die einen Zellstoffring an ihrem oberen Ende besitzen, und in welchen schon die begonnene oder vollendete Theilung durch die Querlinie angezeigt ist (wie II. 3. 16.), so löst sich nicht nur der Inhalt von der Wand, sondern die beiden entstehenden jungen Tochterzellen ziehen sich mit ihren Membranen gemeinschaftlich von der Wand der Mutterzelle zurück. Das Verhalten der Scheidewand zwischen ihnen hängt hierbei von der Entwicklungsstufe, die sie erreicht hat, ab. Ist sie noch nicht vollständig, so legt sie sich in diesen gegen endosmotische Mittel sehr empfindlichen Zellen schon bei schwachwirkenden Mitteln um, und an die Seitenwände bis zum völligen Verschwinden an. Dies geschieht unter dem Auge des Beobachters, so dass hierüber kein Zweifel aufkommen kann. Reicht sie jedoch bereits vollständig durch das ganze Lumen der Zelle hindurch, sind also die beiden jungen Tochterzellen bereits völlig getrennt, was schon kurz vor dem Aufbrechen der Mutterzelle der Fall ist, so wird die Scheidewand meist nach unten (II. 8. 15. 16.), öfters auch nach oben (II. 17.) bleibend bauchig aufgetrieben. Wendet man nun stärkere Mittel an, so wird die bauchig aufgetriebene Scheidewand noch mehr ausgedehnt und reisst endlich ganz, worauf der schon getrennte Inhalt der Tochterzellen wieder zusammenfliesst (II. 11. 15.).

Diese auffallende Erscheinung, dass die beiden jungen Tochterzellen sich gemeinschaftlich sammt ihren jungen Zellstoffmembranen von der Wand der Mutterzelle ablösen lassen, könnte auf den ersten Blick zu einer falschen Deutung Veranlassung geben. Es

könnte nämlich scheinen, als ob der zusammengezogene in Theilung begriffene, oder bereits getheilte Inhalt nur von dem Primordialschlauche begrenzt sei und die Erklärung der Erscheinung wäre — da die Scheidewand in den meisten Fällen leicht als vollständig erkannt wird — im Sinne der Theilungstheorie *Mohl's* nur unter der Annahme möglich, dass die Zellstoffabsonderung des Primordialschlauches hier erst nach vollendeter Theilung des Primordialschlauches erfolgt. Ein derartiger Vorgang ist zwar nirgends direct erwiesen worden, er hat bis jetzt keine einzige, thatsächliche, beweisende Stütze, allein sein Vorkommen wäre möglich, und es ist diese Modalität des Theilungsvorganges bekanntlich auch von *Alex. Braun*¹⁾ und Anderen für die Entstehung der Gewebezellen der Phanerogamen und höheren Cryptogamen, sowie der Florideen und Furoideen angenommen und von *Braun* als „Jungzellenbildung“ bezeichnet worden. Nachdem man sich jedoch davon überzeugt hat, dass der Primordialschlauch nur eine Chimäre ist, kann dem scheinbar dafür sprechenden Vorkommen zweier getrennter Inhaltspartieen mit glatter Oberfläche in einer Zelle — welches überdies schon unter Berücksichtigung der von mir nachgewiesenen leichten Löslichkeit der jugendlichen Zellwand eine ganz andere Erklärung gestattet und welches doch nur der einzige Stützpunkt dieser Ansicht ist — keine Beweiskraft zuerkannt werden. Auch wäre es kaum denkbar, dass bei den in jeder Beziehung so ähnlichen Zellen der nahe verwandten *Spirogyra*- und *Oedogonium*-Arten der Vorgang der Zelltheilung in so wesentlich verschiedener Weise stattfinden sollte. Man muss daher nach einer anderen Erklärung für die erwähnte Erscheinung bei den *Oedogonien* suchen. Für die von mir gegebene Deutung lassen sich aber directe Beweise beibringen.

Es gelingt nämlich dennoch hin und wieder bei sehr grosser Vorsicht, den Inhalt der sich theilenden *Oedogonien*-Zellen wenigstens beim ersten Angriff des angewendeten Reagens allein ohne die junge Zellstoffmembran der Tochterzelle zusammenzuziehen (II. 9 a.). Man erhält dann dieselbe Erscheinung, welche die Theilungszellen der anderen *Conferven* darbieten, wenn sie mit verdünnten Salz- oder Zuckerlösungen behandelt werden, und die ich bei *Cladophora*, *Conferva* und *Spirogyra* ausführlich beschrieben habe. Um diese Erscheinung hervorzurufen, muss man sich aber

1) *A. Braun*. Die Erscheinung der Verjüngung in der Natur S. 264; und *W. Hofmeister*, die Entstehung des Embryo der Phanerogamen S. 1.

der schwächsten Mittel bedienen, welche überhaupt noch das Zusammenfallen des Inhaltes bewirken können. Mir war es nur möglich, bei Anwendung von diluirtem Alkohol die Erscheinung zu sehen. Während der verdünnte Alkohol die Ordnung des Inhaltes in den Zellen von Cladophora und Spirogyra meist gar nicht stört, zieht er in den empfindlicheren Zellen der Oedogonien, wenigstens nach einiger Zeit den Inhalt zusammen, ohne dass die junge Zellwand wenigstens beim Beginn der Einwirkung gleichzeitig von der Wand der Mutterzelle gelöst wird.

Bei der jetzt gangbaren irrigen Ansicht, dass die Zellstoffmembran eine starre, unbiegsame Haut ist, könnte meine Behauptung, dass die junge Zellstoffschicht sich unter Einfluss von Reagentien, ähnlich wie man dies bisher vom Primordialschlauche annehmen gewohnt war, zusammenzieht, Befremden erregen. Allein es wird wohl jedem geübten Beobachter häufig genug aufgefallen sein, in wie sehr verschiedenen Graden der Consistenz und Stärke vom ungemein zarten, fast weichen, dehnsamen und farblosen bis zum starken, spröden und durch fremde Substanzen gefärbten Zustande die Wand der Pflanzenzelle angetroffen wird. Ich erinnere noch daran, dass ich im Stande gewesen bin, die innerste Schicht der Sporen von Spirogyra jugalis, die sich mit Jod und Schwefelsäure sehr schön bläut, ganz wie einen Primordialschlauch zusammenzuziehen¹⁾. Dort konnte gar kein Zweifel mehr darüber bleiben, dass eine ganz sicher aus Zellstoff gebildete Membran in sich selbst zusammenschrumpfen und sich so zusammenziehen könne, wie dies jetzt vom Primordialschlauche gilt. Es fehlt demnach meiner Annahme, dass bei den Theilungszellen der Oedogonien die jungen Zellen mit ihren jugendlichen Zellstoffmembranen unter Einwirkung chemischer Reagentien zusammenfallen, nicht an der Analogie eines völlig gesicherten Falles. —

Wenn erst die Theilung der Oedogonien-Zellen richtig erkannt ist, so findet man in ihr gerade eine wesentliche Stütze für meine Behauptung, dass die Zellstoff-Zwischenwand bei der Theilung nicht etwa — wie dies *Unger* vermuthet — als einfache, einblättrige Zwischenwand auf die Seitenwände der Mutterzelle aufgesetzt ist, sondern dass sie durch eine nach Innen geschlagene Falte der jüngsten Zellstoffschicht gebildet wird; denn man erkennt bei Ablösung der jungen Zellen von der Wand der Mutterzelle nicht nur die jüngste Zellstoffschicht, welche die Falte bildet, sondern sie zeigt an der Stelle,

1) S. Algologische Mittheilungen in Flora 1852. p. 472.

wo die Scheidewand auftritt, an ihrer äusseren Fläche jedesmal auch eine geringe Einbiegung (II. 8 a. 19 a.), welche die dort stattfindende Faltung andeutet.

Die Oedogonien-Zellen unterscheiden sich daher von den Zellen der Cladophoren, Conferven, Spirogyren darin, dass bei ihnen die Zellwände der Tochterzellen sich nicht fest an die Zellwand ihrer Mutterzelle anlegen. Dies ist die Ursache, warum auch die Ablösungserscheinungen in Theilung begriffener Zellen bei ihnen sich anders darstellen als bei den genannten Conferven. Ausserdem findet sich bei den Oedogonien eine stellenweise Ablagerung einer Substanz zwischen der Mutterzelle und der oberen Tochterzelle in Form jenes erwähnten Zellstoffringes. Diese anatomischen Verhältnisse der Oedogonien-Zellen werfen ein helles Licht auf die Vegetationsverhältnisse der sogenannten Gallertalgen. Ueberall bei Palmella, Tetraspora, Gloeocapsa u. s. w., legen sich wie bei Oedogonium die Zellwände der Tochterzellen nicht an die Wand der Mutterzelle an, und zwischen beiden findet sich eine fremdartige Substanz allseitig — nicht stellenweise wie bei Oedogonium — abgelagert. Die Zelltheilung geschieht hier offenbar durch die allmälige Einschnürung (Faltung) der jüngsten Zellstoffschicht, welche von den älteren Zellwandschichten durch die abgelagerte Substanz getrennt ist. Bei diesen Algen ist die Art und Weise der Zelltheilung überaus deutlich; sie wurde bisher nur verkannt, weil man auch hier die jüngste Zellstoffschicht für den Primordialschlauch gehalten hat. — Die gleiche Bedeutung des Zellstoffringes bei Oedogonium und der sogenannten Gallerte, welche zwischen den verschiedenen Zellgenerationen der Gallertalgen sich vorfindet, ist unleugbar und wird vollständig klar, wenn man die wahre Bedeutung der Hautschicht erkannt hat ¹⁾.

1) Die besonderen physiologischen Unterschiede der Vegetation, wodurch sich die typischen Formen der Gallertalgen (Protococcus, Palmella, Tetraspora, Schizochlamys, Gloeocapsa) untereinander unterscheiden, werde ich an anderer Stelle besprechen.

IV. Die Bedeutung der Hautschicht für die Pflanzenzelle.

Alle plastischen Erscheinungen in der Zelle, die sich auf die Bildung und Modification der Zellwand beziehen, und die Ablagerung verschiedener Stoffe zwischen den Zellschichten bewirken, stehen im nächsten Zusammenhange mit der Bedeutung der Hautschicht für die Pflanzenzelle. Sie finden ihre endliche Lösung erst, wenn man den wahren Werth der Hautschicht und ihre Beziehung zur Zellwand erkannt hat. Dies verlangt jedoch ein näheres Eingehen auf die Vermehrungsweise des Zellinhaltes, auf welche ich schon im Eingange dieses Aufsatzes hingewiesen habe, und gerade die Oedogonien eignen sich vermöge der Eigenthümlichkeit, dass die Vermehrung des Inhaltes in ihren Zellen erst eintritt, wenn die Streckung der Zelle beendet ist, vorzüglich zur Untersuchung der Vermehrungsverhältnisse des Inhaltes. Alles, was ich in dem ersten Abschnitte über die Anordnung des Inhaltes in den Chlorophyll führenden Zellen und über die allmälige Ansammlung des Plasma mitgetheilt habe, lässt sich bei den Oedogonien schrittweise beobachten.

Das Plasma liegt in ihren Zellen in einer je nach dem Alterszustande derselben verschieden dicken Lage der Zellwand an, während die Zellflüssigkeit die Mitte der Zelle einnimmt. Der Cytoblast ist parietal, d. h. er liegt innerhalb des Plasmaüberzuges der Zellwand. Da er in der innersten Lage der Körnerschicht liegt, so liegt zwischen ihm und der Zellwand nicht nur, wie dies gewöhnlich angenommen wird, die Hautschicht allein, sondern auch der äussere Theil der Körnerschicht. Mit der Hautschicht selbst steht der Cytoblast in gar keiner Verbindung. Wo die Körnerschicht im Ganzen nur eine äusserst dünne Lage bildet, da wird freilich dieses Verhältniss nicht sehr deutlich. Wenn aber die Körnerschicht in so bedeutender Menge angesammelt ist, dass an ihr eine äussere und innere Begrenzung erkennbar wird, und ihre Dicke eine nähere Bestimmung der Lage des in ihr liegenden Cytoblasten gestattet, dann wird hier, wie in allen Zellen mit dicker Körnerschicht, seine Stellung an der Grenze zwischen Körnerschicht und Zellflüssigkeit leicht wahrnehmbar. Wegen seiner Lage an der in-

neren Seite der Körnerschicht wird er auch, sobald die Zelle sich mit Inhalt ganz erfüllt hat, gewöhnlich unsichtbar. Dies ist bei den Oedogonien in verschieden stark mit Inhalt erfüllten Zellen sehr schön zu verfolgen, und dies mag auch die Ursache sein, warum der Cytoblast in manch anderen Zellen noch nicht aufgefunden werden konnte. Von oben gesehen rund, von der Seite gesehen plan-concav gleicht er in der Form ungefähr einer Halbkugel. Er zeigt meist ein deutliches Kernkörperchen.

Die Körnerschicht des Plasma erscheint als eine ungemein feinkörnige Masse von schleimiger Consistenz. Sie wird hier, wie in vielen anderen Zellen, durch formloses Chlorophyll, welches auf ihr abgelagert ist, gefärbt, und bildet gleichsam eine Grundlage für die in ihrer Substanz eingebetteten körnigen Bildungen eigenthümlicher Form. Ihre allmähliche Zunahme ist überaus deutlich. In den jugendlichen, durch Theilung entstandenen Zellen bedeckt die Körnerschicht, wenn diese ihre grösste Länge erreicht haben, die Zellwand noch nicht vollständig, eben weil Längenwachsthum und Inhaltsvermehrung in den Zellen der Oedogonien nicht gleichzeitig, sondern nacheinander stattfinden. Die ganze die Wand der unteren Tochterzelle zur Zeit der Theilung bedeckende Lage der Körnerschicht rückt bei dem Wachsthum dieser Zelle entweder gleichmässig mit dem Vorschieben der oberen Scheidewand vor und legt sich an diese an, wodurch der untere Theil der Zelle ganz frei bleibt, oder sie rückt blos eine kurze Strecke weit vor, und dann bleibt das obere und untere Ende der Zellwand unbedeckt (II. 4 x. 5 x. 6 x. 7 x. 10 x. 17 x.). Ebenso verhält sich die Körnerschicht in der oberen Tochterzelle, wenn diese, nachdem sie vollständig aus der Mutterscheide hervorgetreten ist, zu wachsen beginnt (II. 10 x.). In beiden Tochterzellen erscheint deshalb schon während ihres Wachstums in die Länge und am ausgeprägtesten unmittelbar, nachdem sie ihre grösste Länge erreicht haben, mindestens der untere, oft der untere und obere Theil der Zelle zugleich leer. In diesem Zustande ist die mehr oder weniger geradlinige Anordnung der Chlorophyllkörner, welche wieder von einer ähnlichen geradlinigen Ansammlung der Plasma-Grundlage, in welcher sie eingebettet liegen, abhängt, nicht zu verkennen (II. 1. 6—9.). In solch linienartigen Streifen tritt das Plasma auch zuerst in den leergelassenen Stellen der jungen Zelle auf, und diese bedecken sich allmählig mit einem gleichfalls linienartig an der Zellwand angeordnetem Inhalte, wodurch die Zelle wieder in ihrer ganzen Ausdehnung ein gleichartiges Aussehen gewinnt (II. 2 x. 6 x.). Nach und nach sammelt sich jetzt immer mehr Plasma an, zugleich vermehren sich die in dem Plasma liegenden

Chlorophyllkörner noch durch Theilung, und hierdurch verschwindet endlich die bestimmte Anordnung des Plasma meist vollständig und macht einer mehr gleichmässigen Ausbreitung desselben über die ganze Zellwand Platz.

Einen ganz ähnlichen Gang nimmt auch die Hautschicht des Plasma bei ihrer Vermehrung. Zieht man nämlich den Inhalt solch junger Zellen, in welchen die untere Stelle der Zellwand vom Plasma noch unbedeckt ist, oder nur wenige Plasma-Streifen zeigt, durch schwache endosmotische Mittel zusammen, so wird es häufig gelingen, denjenigen Zustand der Hautschicht auffizunden, in welchem sie noch unvollständig die Zellwand bedeckt, und nur in Form von einzelnen Streifen, oder als ein von grossen Maschen durchbrochenes Netz farbloser Plasma-Stränge auftritt. Auf dieser Entwicklungsstufe zeigt der Inhalt beim Zusammenziehen eine feste Begrenzung ringsherum nur so weit die grüne Körnerschicht reicht (II. 18.), und die Erscheinung des Primordialschlauches als einer völlig zusammenhängenden, ununterbrochenen Haut kann deshalb gar nicht hervorgerufen werden. Die Vermehrung oder Ansammlung der Hautschicht an der Zellwand schreitet aber so rasch vor, dass sie bereits lange bevor die Ansammlung der Körnerschicht völlig beendet ist, einen vollständigen Wandüberzug bildet. Von nun an wird beim Zusammenfallen des Inhaltes der scheinbare Primordialschlauch von der Hautschicht gebildet; aber auch dann weisen noch endosmotische Mittel, welche auf die Hautschicht chemisch nicht einwirken, die namentlich den Zusammenhang der Masse in ihr nicht erhöhen (z. B. verdünnte Zuckerlösung) ihre klebrige, durchaus nicht hautartige Beschaffenheit nach. Der Zustand der grössten Ansammlung der Hautschicht fällt bei den Oedogonien mit dem Zustande der grössten Inhaltsanfüllung der Zelle zusammen; er geht also unmittelbar der Theilung vorher. Nachdem die Theilung aber vorüber ist, und die jungen Zellen sich ausgedehnt haben, ist in ihnen die Hautschicht ganz oder doch zum grössten Theile wieder verschwunden.

Berücksichtigt man nun die erwähnten Bildungsverhältnisse der Hautschicht, ihre allmälige Ansammlung, wie sie aus einer stellenweisen Ablagerung an der Wand zu einem vollständigen Ueberzuge wird, berücksichtigt man ferner, dass ihre Ansammlung vor der Theilung den höchsten Grad erreicht, und nach der Theilung — d. h. nach der Entstehung der Wände der Tochterzellen — wieder auf einen geringeren Grad zurückfällt; so liegt wol nichts näher, als die Annahme, dass die Hautschicht des Plasma diejenige Substanz ist, aus welcher unmittelbar die Zellwand ge-

bildet wird, und dass die Umbildung der Hautschicht in die Zellwand dann erfolgt, wenn die Hautschicht den höchsten Grad ihrer Ansammlung erreicht hat, d. h. wenn sie einen vollständigen Wandüberzug bildet.

Die verschiedenen Zustände der Hautschicht gehören somit in die Entwicklungsreihe der Zellwand; sie offenbaren die Beschaffenheit und Bildung des Stoffes, aus welchen die Zellwand hervorgeht, zu einer Zeit, bevor er noch die Gestalt einer Membran annimmt. In ihrem entwickeltsten Zustande stellt die Hautschicht eben jenes zusammenhängende Gebilde vor, welches als Primordialschlauch aufgefasst wurde. In diesem Zustande, welcher unmittelbar ihrer völligen Erstarrung zur jüngsten Zellstoffschicht vorhergeht, ist ihr Zusammenhang allerdings oft so gross, dass sie bereits wie eine Membran erscheinen kann, zumal der Uebergang der Hautschicht aus ihrem ursprünglichen zäh-flüssigen Zustande in den festen, nur allmählig durch eine grosse Reihe von an Consistenz immer zunehmenden Zwischenstufen erfolgt. Hieraus erklärt sich, warum der Primordialschlauch so leicht für eine Membran gehalten werden konnte, und in diesem Sinne kann allerdings der Primordialschlauch — d. h. die Hautschicht in ihrer ausgebildetsten Entwicklungsstufe, in welcher sie einen vollständigen, ununterbrochenen und schon stark cohärirenden Wandüberzug bildet — als eine Membran angesehen werden, aber nicht als eine von der Zellwand verschiedene Membran, sondern als die jüngste Zellstoffschicht selbst, und es wird deshalb auch oft unmöglich zu bestimmen — so z. B. bei den Oedogonien zur Zeit der Theilung ihrer Zellen — ob die Hautschicht schon als die jüngste Zellwandschicht oder als die äusserste Begrenzung des Inhaltes anzusehen ist.

Es liegt auf der Hand, dass der Zellstoff in dem Zustande, in welchem er unmittelbar nach seiner Trennung und Abscheidung von dem übrigen Plasma als Hautschicht in der Zelle auftritt, weder chemisch noch mechanisch ganz rein sein kann. Hieraus erklärt sich die chemische Reaction der Hautschicht gegen Jod, welche ihr die Bezeichnung der stickstoffhaltigen Bekleidung der Zellwand zuzog, und welche die Annahme begründete, dass die Substanz des Primordialschlaches wesentlich und durchaus von der Substanz, aus der die Zellwand besteht, verschieden sei. Aber wie in alten Zellwänden die Reaction des Zellstoffes durch imbibirte fremdartige Substanzen gestört wird, so kann auch unmittelbar nach der Abscheidung des Zellstoffes aus dem Zellplasma seine Reaction ebenfalls wegen seiner noch nicht völligen Reinheit nicht eintreten. Es lässt sich sogar

von vornherein schon vermuthen, dass es schwieriger sein muss, den Zellstoff in der jugendlichen Hautschicht, als in alten Zellwänden nachzuweisen, weil die Mittel, welche dem Beobachter zu Gebote stehen, um in alten Zellwänden die fremdartigen Beimengungen zu entfernen, in jugendlichen Zuständen des Zellstoffes nicht anwendbar sind, indem dieser unmittelbar nach seinem Entstehen besonders leicht durch Säuren angegriffen wird, und, wie die Zellstoff-Zwischenwand bei der Theilung der Conferven-Zellen nachweist, zwar auch in eine der Stärke sehr nahe Substanz (Gummi? Dextrin?) übergeführt wird, welche sich aber mit Jod nicht bläut, sondern in Wasser leicht löslich ist. Diese Umstände müssen natürlich dem Eintreten der Zellstoff-Reaction hinderlich sein, und das Hervortreten der Reaction der dem Zellstoff beigemengten Substanzen befördern.

Bei den Algen hatte *Kützing* ¹⁾ bekanntlich noch bevor *Mohl* seine Beobachtungen über den Primordialschlauch bekannt machte, die Hautschicht ebenfalls als eine besondere Zellhülle unterschieden und ihr den Namen Amylidzelle gegeben, weil er gefunden haben wollte, dass die Substanz seiner Amylidzelle sich durch Kali in Amylum verwandele. *Kützing* wurde zu dieser Annahme wahrscheinlich durch die folgende Beobachtung geführt, die sich schon durch eine nicht zu starke Chlorzinkjodlösung hervorrufen lässt. Werden nämlich Zellen von grösseren Oedogonien oder von Spirogyren mit diesem Reagenz behandelt, so sieht man nach einiger Zeit (nach einer bis mehreren Stunden), nachdem sich der Inhalt früher in der bekannten Weise zusammengezogen hat, zwischen Inhalt und Zellwand in einiger Entfernung von dieser eine schön blau gefärbte Membran, welche den ganzen Inhalt umschliesst (II. 13. 14.). Sie tritt bald sehr scharf begrenzt auf, bald erscheint sie feinkörnig, und es sieht aus, als ob nur einzelne blaue Körner eng aneinander lägen. Der grüne Inhalt in ihr zeigt oft noch die der Körnerschicht eigene Begrenzung. Mit Bestimmtheit wage ich nicht zu behaupten, dass diese Membran der blau gefärbte Primordialschlauch ist. Gewiss ist bis jetzt nur soviel, dass sie den fertigen Zellwandschichten nicht angehört, und dass die Substanz der Hautschicht (Primordialschlauch) bei der Bildung dieser Membran direct theiligt ist. Es scheinen aber auch die Chlorophyllkörner durch gallertartiges Aufquellen ihrer Stärkeunterlage und membranartiges Aneinanderschliessen der Gallerte zur Bildung der Haut mit beizutragen. — Ich habe viele Gewebe phanerogamer Pflanzen in der Hoff-

1) *Linnaea* 1841. S. 547.

nung untersucht, die Hautschicht ihrer Zelle irgendwo mit Chlorzinkjodlösung blau färben zu können. Dies ist mir bis jetzt in unzweifelhafter Weise noch nicht gelungen. Die Thatsache, dass der Zellstoff in jugendlichem Zustande durch Essigsäure und andere Säuren, auch durch Chlorzink löslich wird, erklärt dies negative Factum zur Genüge. Wenn aber diese Untersuchungen erst allgemein mit der nöthigen Vorsicht unternommen würden, so wird es ohne Zweifel häufiger, als sich jetzt schon vermuthen lässt, gelingen, den Zellstoff in dem sogenannten Primordialschlauche nachzuweisen. *Schacht*, welchem ich meine Ansicht über die Beschaffenheit der Hautschicht im Gespräche mittheilte, hat mir einen von ihm beobachteten Fall angegeben, welcher entschieden hierher gehört und wenigstens so viel mit Bestimmtheit erkennen lässt, dass die jetzige Vorstellung der Saccernirung des Zellstoffes an der Aussenfläche des Primordialschlauches völlig grundlos ist. In den Aussackungen des Embryosackes von *Pedicularis sylvatica* findet sich ein sehr schönes Plasmanetz der Zellwand anliegend vor, in welchem die Bewegung sehr deutlich wahrnehmbar ist. Die Bewegung hört endlich auf und das in seiner Form nicht veränderte Netz lässt sich nun sehr schön blau färben und besteht durch und durch aus Cellulose. Nach der jetzigen Vorstellung vom Baue der Pflanzenzelle müsste zwischen diesem Netze und der Zellwand doch noch der Primordialschlauch liegen und die Bildung des Zellstoffes im Innern der Zelle wäre auch in diesem Falle unläugbar. Wahrscheinlich ist aber hier gar kein Primordialschlauch, d. h. kein vollständiger die Wand bedeckender Ueberzug vorhanden, sondern das Plasmanetz selbst liegt unmittelbar an der Zellwand und stellt einen Zustand nach unvollständiger Ausbildung der Hautschicht dar ¹⁾.

Einen ganz sicheren Fall der directen Umbildung des sogenannten Primordialschlauches in die Zellstoffwand werde ich noch später bei der freien Zellbildung anführen. —

In den meisten Fällen bildet sich nicht die ganze Hautschicht, sondern nur ihre äusserste Lage in die jüngste Zellwandschicht um, und diese schliesst sich dann innig

1) Wenn dies richtig ist, so wäre hier zugleich ein Fall gegeben, in welchem die Hautschicht selbst in Bewegung ist, während sonst bei der sogenannten Bewegung des Zellsaftes nur in der je innersten Lage der Körnerschicht eine Bewegung eintritt; was jedoch unter Berücksichtigung meiner Ansicht über die Ursache der Bewegung (s. Seite 9) sich daraus erklärt, dass hier die Körnerschicht überhaupt fehlt, die Hautschicht also unmittelbar die Zellflüssigkeit berührt.

an die älteren Schichten der Zellwand an. Der innere Theil der Hautschicht bleibt an der inneren Seite der entstandenen jungen Zellwand als unvollständige Hautschicht zurück, diese vermehrt sich während der Ausbildung der Zelle wieder so lange, bis sie zum vollständigen Wandüberzuge wird, worauf sie von Neuem ihren äusseren Theil in eine Zellwandschicht umbildet. Dies ist der gewöhnliche Vorgang der Schichtenbildung der Zellwand, zu welchem bei der Zelltheilung noch die Faltung der eben gebildeten jüngsten Zellwandschicht bis zur völligen Abschnürung im Centrum der Zelle hinzutritt. So tritt die Erscheinung unter den Algen bei den Cladophoren, Conferven, Spirogyren und überhaupt überall dort ein, wo sowol die Schichten, aus denen die Zellwand besteht, als auch die Wände aufeinanderfolgender Zellgenerationen sich genau aneinander anschliessen.

Es tritt aber auch der Fall ein, dass die innerste Lage der Hautschicht zur jungen Zellwand wird, dann findet sich der zur Bildung der Zellwand nicht verwendete äussere Theil der Hautschicht zwischen den Schichten der Zellwand oder — wenn mit der Schichtenbildung eine Theilung verbunden ist — zwischen den Wänden der aufeinanderfolgenden Zellgenerationen abgelagert vor. Dies ist die Entstehung der sogenannten Gallerte bei den Palmellaceen und des dieser Gallerte morphologisch gleichwerthigen Zellstoffringes bei den Oedogonien. Die Hautschicht der Pflanzenzellen, die Gallerte der Palmellaceen, der Zellstoffring der Oedogonien, endlich die gewöhnliche Pflanzenzellwand, sind nur leichte Modificationen desselben chemischen Grundstoffes, der Cellulose, welche durch Säuren entweder in mit Jod sich bläuende Stärke, oder in eine lösliche Verbindung der Stärkereihe, die sich durch Jod nicht bläut, übergeführt wird. Schon deshalb kann, wenn eine Pflanzenzellmembran sich durch Schwefelsäure und Jod nicht bläut, darum noch nicht mit Sicherheit auf die Abwesenheit von Cellulose in ihr geschlossen werden.

V. Die Theilung der Mutterzellen des Pollens.

Bei den Phanerogamen ist der Theilungsvorgang nur an wenigen Stellen genauer untersucht worden. Gerade diejenigen Gewebsstellen der Phanerogamen, in denen die lebendigste Zellvermehrung stattfindet, sind für die Beobachtung des eigentlichen Vorganges der Scheidewandbildung ganz und gar ungünstig. In dem Zellgewebe der Vegetationsspitze, in dem Cambium der Stämme, selbst bei der Vermehrung der Zellen in den Haaren, die nur aus einer einzigen Zellreihe bestehen, auch bei der Bildung jugendlicher Theile der höheren Cryptogamen, mit einem Worte überall da, wo bei Phanerogamen und höheren Cryptogamen eine lebhafte Zellbildung stattfindet, haben — mit Ausnahme des gleich zu erwähnenden Falles bei der Entstehung des Pollens und der Sporen — die genauesten Untersuchungen bisher mit Bestimmtheit nur soviel erkennen lassen, dass auch hier bei derjenigen Vermehrung der Zellen, die zur Zelltheilung zu ziehen ist, jedesmal aus einer Mutterzelle zwei Tochterzellen werden, und dass dieser Vorgang nach seiner Vollendung durch eine die Mutterzelle in zwei Hälften theilende, äusserst dünne, doppelte Scheidewand sich offenbart. Ueber die Entstehung der Scheidewand und über die Erscheinungen während der Theilung weiss man Nichts. Wenn aber irgendwo in der Wissenschaft ein Schluss aus Analogie erlaubt ist, so ist es der von der Theilung der Algenzellen auf die Theilung der Zellen bei den anderen Cryptogamen und den Phanerogamen; denn der morphologisch gleiche Werth der Algen- und Phanerogamenzellen steht unleugbar fest, und der vollendete Vorgang tritt bei Algen und Phanerogamen unter denselben Erscheinungen auf.

Als die Theilung der Algenzellen nur bei *Cladophora* genauer untersucht war, da konnte das Bedenken vorwalten, dass bei der Theilung der Phanerogamenzellen der Cytoblast eine Rolle zu spielen scheine; jetzt, nachdem man weiss, dass die Theilung bei *Cladophora* und *Spirogyra*, soweit sie die Wandbildung der Tochterzellen betrifft, in derselben Weise geschieht, muss auch dieses Bedenken wegfallen.

Die Bildung der Specialmutterzellen des Pollens liefert übrigens den directen

Beweis, dass die Theilung auch bei den Phanerogamen ganz in derselben Weise wie bei den Algen vor sich geht.

Die zu vier in der Mutterzelle entstehenden Specialmutterzellen des Pollens bilden sich bekanntlich entweder *succedan*, indem zuerst zwei Specialmutterzellen (primäre Specialmutterzellen nach *Naegeli*) und in jeder von diesen wieder zweie (die secundären Specialmutterzellen, *Naegeli*) entstehen, oder *simultan*, indem alle vier Specialmutterzellen sich gleichzeitig bilden. Die *succedane* Bildung der Specialmutterzellen schliesst sich so unmittelbar an die Theilung an, dass schon hieraus die morphologische Gleichheit der Theilung und des bei der Bildung der Specialmutterzellen stattfindenden Vorganges sich ergibt.

Die ersten Untersuchungen über den Vorgang bei Bildung der Fächer der Pollen-Mutterzellen (Specialmutterzellen) verdanken wir *Mirbel*¹⁾, welcher das allmälige Hineinwachsen der Scheidewände bei den Mutterzellen des Pollens von *Cucurbita Pepo* beobachtete. Nachdem durch die umfassenden Untersuchungen *Mohl's*²⁾ über verwandte Entwicklungsbildungen bei den Sporen der Cryptogamen und die ausführlichen Beobachtungen von *Naegeli* über die Entwicklungsgeschichte des Pollens die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Zellvermehrungsweise bei der Entstehung der Sporen und der Pollenkörner gelenkt worden war, sind diese Untersuchungen, besonders aber die Beobachtungen über die Bildung der Specialmutterzellen des Pollens vielfach wiederholt worden, und gerade die Entstehung der Specialmutterzellen des Pollens ist vom Gesichtspunkte verschiedener Zellbildungstheorien aus als Beweis herangezogen worden. Und nicht blos in der Auffassung, sondern auch in der Darstellung der Thatsachen weichen die Beobachter wesentlich ab.

1) *Recherches anatomiques et phys. sur la Marchantia polymorpha* 1833. *Ad. Brogniart* hatte zwar schon früher die Mutterzellen des Pollens von *Cucurbita* mit den Scheidewänden gesehen und abgebildet (*Ann. d. scienc. nat.* 1827); er hatte aber die Mutterzellen mit den Pollenzellen verwechselt und die Scheidewände für oberflächliche Zeichnungen gehalten, wie ich nach der Uebersetzung seiner Abhandlung (in *R. Brown's* vermischten bot. Schr., herausgegeben von *Nees v. Esenbeck*, Bd. IV. S. 179), die mir eben vorliegt, schliessen muss. Die Originalabhandlung kann ich augenblicklich nicht vergleichen.

2) Einige Bemerkungen über den Bau und die Entwicklung der Sporen der cryptogamischen Gewächse, und über die Entwicklung der Sporen von *Anthoceros laevis*. *Flora* 1833 und *Linnaea* 1839 (*Verm. Schr. Aufss.* VI. u. VII.).

Auf der einen Seite behauptet *Naegeli* ¹⁾, dem sich auch *Hofmeister* ²⁾ anschliesst, dass die vollständige Trennung des Inhaltes in zwei oder vier Theile — je nachdem die Bildung succedan oder simultan ist — jedesmal der Entstehung der Scheidewände vorhergeht, während *Mohl* ³⁾, mit welchem *Schacht* ⁴⁾ übereinstimmt, der Ansicht ist, dass die Scheidewandbildung auch hier von der Peripherie nach dem Centrum vorschreitet und schon beginnt, bevor die Trennung des Inhaltes durch Einfaltung des Primordialschlauches vollendet ist.

Unger's ⁵⁾ Ansicht stimmt mit der von *Mohl* und noch mehr mit der *Mirbel's* überein. Er giebt an, dass die Scheidewandbildung von der Wand nach der Zelle vorschreitet, und ist der Ansicht, dass die Scheidewand ursprünglich einfach ist, und erst später doppelt wird.

Die übrigen Beobachter ⁶⁾ schliessen sich bald mehr der einen, bald der anderen der genannten Darstellungen an. Meine eigenen Beobachtungen haben mir folgendes Resultat gegeben. Ich übergehe hierbei alle Entwicklungsverhältnisse des Pollens, die nicht unmittelbar auf die Specialmutterzellen-Bildung sich beziehen, und wähle als Beispiel für die succedane Bildung der Specialmutterzellen *Allium victorale*, für die simultane Bildung *Althaea rosea*.

Die Mutterzellen des Pollens von *Allium victorale* verdicken ihre Wand sehr bald in unregelmässiger Weise durch Ablagerung secundärer Membranen. Meist ist eine Stelle, öfter sind zwei gegenüberliegende Stellen der Mutterzellwand vorwiegend verdickt (IV. 13. 15.). Sehr bald wird die beginnende Theilung durch eine Querlinie angedeutet, die sich durch die Mitte der Mutterzelle erstreckt, und — worauf zu achten ist — sich regelmässig niemals an die verdickten Stellen der Wand anlegt, sondern auf einer gedachten Verbindungslinie der verdickten Stellen senkrecht stehen würde (IV. 15.

1) Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens. Zürich 1842 und Zeitschr. f. w. Bot. H. I. S. 73 etc.

2) Ueber die Entwicklung des Pollens. Bot. Zeit. 1848.

3) Die vegetabilische Zelle. Handwörterbuch der Physiologie von *Wagner*, Bd. IV. S. 220.

4) Die Pflanzenzelle. Berlin 1852. S. 58 — 60.

5) Ueber die merismatische Zellbildung bei der Entwicklung des Pollens. 1844.

6) Man vergleiche noch: *Meyen*, Physiologie. Bd. III. S. 124; *Goldmann*, Entwicklung des Pollens von *Gloxinia*. Bot. Zeit. 1848. S. 873; *Wimmel*, zur Entwicklung des Pollens. Bot. Zeit. 1850. S. 225; *Gieswald*, Beitrag zur Entwicklung des Pollens. Linnaea 1852.

17. 20.). Der Entstehung dieser Scheidewandlinie geht meist — aber nicht immer — sichtbar die Bildung zweier Cytoblasten voran (IV. 16.). Wenn man beim ersten Auftreten dieser Querlinie den Inhalt in der Mutterzelle von ihrer Wand sich ablösen lässt — schon Wasser bewirkt dies hier oft — so kann man mit der grössten Sicherheit einen ähnlichen Zustand, wie bei der Theilung der Conferven, hervorrufen. Der noch zusammenhängende, in der Theilungsebene etwas eingeschnürte Inhalt lässt durch sein Zurücktretten von der Wand der Mutterzelle die sehr dünne, der Wand ansitzende und noch nicht weit in die Höhlung der Zelle hineinragende Scheidewand erkennen (IV. 15. 20.). Auch hier ist es, wie bei den Conferven ausserordentlich leicht, das zarte Zwischenwandhäutchen zu zerstören. Die Scheidewandbildung schreitet von der Peripherie nach dem Centrum bis zum völligen Abschluss ganz so, wie bei den Conferven vor, unterscheidet sich jedoch von dem Vorgange bei den Conferven dadurch, dass die Scheidewände hier auch bei normalem Bildungsgange noch vor ihrer völligen Abschliessung sich zu verdicken anfangen, weshalb man vorgerücktere Zustände der Theilung findet, bei welchen die beiden Hälften des Inhaltes noch nicht völlig getrennt sind, die Scheidewand erst halb vollendet, aber trotzdem schon bei weitem dicker, als bei ihrem ersten Auftreten. —

Die Mutterzellen des Pollens von *Althaea rosea* verdicken ihre Wand sehr bald durch ziemlich regelmässige Schichtung (IV. 1.). Kurz darauf entstehen im Inhalte der Mutterzelle vier Cytoblasten, welche oft unregelmässig mehr oder weniger in einer Ebene liegen, oft eine ungefähr tetraëdrische Stellung haben. Nun sieht man bald mehrere Trennungslinien auftreten, durch welche die Mutterzelle regelmässig in vier Theile getheilt wird ¹⁾. Je nach der Stellung der Cytoblasten schwankt die Anzahl der Trennungslinien zwischen 4, 5, 6 (IV. 3. 6. 9.). Liegen die Cytoblasten in einer Ebene, so entstehen 4 oder 5 Trennungslinien; liegen die Cytoblasten tetraëdrisch, so treten sechs Trennungslinien auf, von denen stets drei sichtbar sind. Die Trennungslinien entsprechen den entstehenden Scheidewänden (Einfaltungen der innersten Zellwandschicht der Mutterzelle). Löst man in diesem Entwicklungsstadium den Inhalt der Mutterzelle

1) Nur in sehr seltenen Fällen bilden sich die Spezialmutterzellen in geringerer oder grösserer Anzahl.

von der Wand ab — dies darf jedoch nicht durch Säuren geschehen — so sieht man deutlich, dass diese Trennungslinien ausserordentlich dünne von der Zellwand ausgehende, nach Innen hineinragende Wände sind. (IV. 9.). Diese Wände wachsen immer tiefer in die Zellen hinein, bis sie zusammenstossend die Bildung der vier Specialmutterzellen beendet haben.

Die Bildung der Specialmutterzellen des Pollens wird auch von denen, die das Hineinwachsen der Scheidewände richtig erkannten, so dargestellt, als ob die Scheidewände in Form mehrerer (4—6) keilförmig vorspringender Leisten in das Centrum der Mutterzelle hineinwüchsen. Diese Darstellung bedarf jedoch einer wesentlichen Berichtigung. Die in der Mutterzelle von ihrer Wand aus hineinwachsenden Scheidewände sind auch hier, wie bei den Conferven und wie bei allen sich theilenden Zellen, ungemein zart und dünn, sie legen sich an die regelmässig schichtenweise verdickten Stellen der Wand der Mutterzelle — und nicht wie von mehreren Seiten fälschlich angenommen wurde — an sechs zugespitzte Vorsprünge der Mutterzellwand an (IV. 3. 6. 9.). Sobald aber die Scheidewandbildung beginnt, wodurch in der Mutterzelle vier unregelmässig eckige Räume entstehen, beginnt fast gleichzeitig eine Ablagerung secundärer Zelllagen in den Ecken der entstehenden Räume, wodurch diese allmählig ausgefüllt, und die vier Fächer (Tochterzellen) der Mutterzelle abgerundet werden. Dies ist die Entstehung jener keilförmig vorspringenden Spitzen in den Mutterzellen des Pollens (IV. 4.), und man kann sehr häufig noch die Linie, die der eigentlichen primären Scheidewand entspricht, in der Mitte des Keiles bis an die Grenze der Specialmutterzelle verfolgen (IV. 4 a.). Diese Verdickungsweise der Wände der Specialmutterzellen hat darum etwas Abweichendes von dem gewöhnlichen Verdickungsgange der Zellwände, weil hier die primäre Wand einer Zelle schon, bevor sie selbst vollständig fertig ist, an einzelnen Stellen durch secundäre Zelllagen wieder verdickt wird. Dass dieser Verdickungsgang auch bei succedaner Pollenbildung eintritt, ist bereits bei *Allium victorale* erwähnt worden. In Beziehung der Form schliesst sich diese Verdickung zunächst an die Verdickungsschichten der Collenchymzellen an, dort lagern sich die secundären Zelllagen längs den Kanten ab, hier blos in den Ecken.

Bei ihrem ersten Entstehen bildet die Scheidewand daher hier (IV. 3. 6. 9.), wie bei succedaner Bildung der Specialmutterzellen (IV. 15. 17. 20.), und bei der Theilung der Confervenzellen (I. 7. 8. 16. II. 3—9. III. 6. 9. 13. 15.) ein überaus dünnes

Häutchen. Die dicken zellenartigen Wände der Specialmutterzellen entstehen also weder, wie das in den früheren Vorstellungen lag, als eine einzige dicke, nach Innen vorschreitende Membran, noch durch Verdickung der Wände einer bereits gebildeten und abgeschlossenen Zelle, sondern durch eine gleichmässig mit und während der Theilung stattfindende wiederholte Ablagerung von Zellstoff in den Ecken der in Bildung begriffenen Räume. Es verdienen aber folgende Punkte noch einer weiteren Besprechung. Es ist zunächst vollkommen sicher, dass die Scheidewände schon da sind, bevor die Trennung des Inhaltes noch beendet ist. Solche Zustände, wie sie *Mohl* gezeichnet hat, und welche die Thatsache selbst ausser allen Zweifel setzen, sind gar nicht schwer zu erhalten, wenn man die geeigneten Entwicklungsstufen der Blüthenknospen untersucht; was aber für jede Pflanze eine besondere Orientirung verlangt, indem die verhältnissmässige Grösse der Blüthenknospen zur Zeit, wenn die Mutterzellen des Pollens in Theilung begriffen sind, bei den verschiedenen Pflanzen ausserordentlich variirt. Ich halte mich nach meinen Beobachtungen sogar zu der Behauptung berechtigt, dass die entstehende Scheidewand erst die Trennung im Inhalte einleitet. Die angeführten Zeichnungen *Mohl's* widersprechen dem nicht, da sie offenbar schon vorgerückteren Stadien der Theilung entsprechen, indem die Scheidewand nicht nur schon da war, sondern sich schon zu jenen keilförmigen Vorsprüngen verdickt hatte, deren Erklärung ich oben gab, und deren Vorhandensein den sicheren Beweis für die bereits gegenwärtige Scheidewand liefert.

Die Angaben, dass es dem einen oder dem anderen Beobachter gelungen ist, den Inhalt getheilt von der Wand der Mutterzelle zu trennen, bevor noch irgend eine Spur einer Scheidewand bemerkbar war, scheinen mir nur mit grosser Vorsicht aufgenommen werden zu dürfen, indem ich mich überzeugt habe, dass es schon bei den Conferven, und noch viel mehr bei den ersten Theilungszuständen der Mutterzellen des Pollens sehr leicht ist, die beginnende Scheidewand zu übersehen oder zu zerstören. Ich wage die Behauptung, dass wenn diese Beobachtungen mit Rücksicht auf das nachgewiesene Verhalten der jungen Scheidewände gegen Säuren wiederholt würden, das Resultat ein anderes sein würde, und glaube aus meinen Beobachtungen schliessen zu dürfen, dass beim ersten Erscheinen einer Andeutung der Theilung die von der Wand ausgehende Scheidewand immer schon da ist. Dass die Theilung der Mutterzellen des Pollens nicht einen besseren Beweis für die Existenz des Primordialschlauches, als die früher besprochenen Theilungserscheinungen liefert, ergibt sich von selbst; der Zusammenhang des Inhaltes

erklärt sich durch die Consistenz des Plasma, welches hier, wie bei den Conferven, einen Wandüberzug bildet, so gut, wie durch die Annahme der Existenz einer eigenthümlichen, den Inhalt umgebenden Membran. Uebrigens zeigt sowohl die Mutterzelle des Pollens (IV. 2.), als auch die Specialmutterzellen (IV. 5. 8.), bei langsamer Abziehung des Inhaltes von der Wand alle die Erscheinungen, welche die wahre Natur der Hautschicht aufklären.

Was endlich die Ansicht von *Unger* betrifft, so muss ich hier freilich wieder zugeben, dass seine Anschauungsweise der directen Beobachtung vollständig entspricht; dass nämlich das entstehende Zwischenhäutchen bei seinem ersten Auftreten äusserst dünn und einfach erscheint. Die Gründe, warum ich dennoch die dünne Zwischenwand, von Anfang an als doppelt und für die Falte einer seitlich der Wand der Mutterzelle eng anliegenden jüngsten Zellwandschicht erklären muss, habe ich bereits bei den Conferven ausführlich erörtert, wo es mir gelang, Zustände aufzufinden, in welchen sich diese Falte von selbst auseiandergeschlagen hatte und hierdurch ihre Natur unzweifelhaft offenbarte (s. S. 25—29). Dass auch hier die Scheidewände in eine seitlich der Wand der Mutterzelle eng anliegende Zellwandschicht unmittelbar übergehen, wird aus dem vollständigen Umriss, den die Specialmutterzellen bei grösseren Pollen-Mutterzellen, wie in den Blüthen der Malvaceen, jedesmal zeigen, und der auch innerhalb der Seitenschichten die der Mutterzelle angehörige Wand von der Wand der Specialmutterzelle leicht unterscheiden lässt (IV. 8. 10. 12.), vollkommen deutlich. Unverkennbar tritt dieser Umriss bei der allmäligen Auflösung der Zellwandschichten der Mutterzelle hervor (IV. 5.). Dass die Specialmutterzellen wirkliche Zellen sind, und nicht blos als Fächer oder Abtheilungen der Mutterzelle betrachtet werden dürfen, geht schon aus dieser eben erwähnten Structur und noch mehr aus ihrer Bildung durch Theilung hervor; sie stellen ein kleines, vierzelliges Gewebe vor, aus einer Mutterzelle durch Theilung entstanden und von der Mutterzelle noch umgeben. So gut die Zellen irgend eines Pflanzengewebes, die als Schwester- oder Enkelzellen einer Mutterzelle durch einmalige oder wiederholte Theilung entstanden sind, auch wenn sie von ihrer oder ihren Mutterzellhäuten noch umschlossen sind, doch als besondere Zellen und nicht als die Fächer jener Mutterzellen betrachtet werden müssen; ebenso gut sind die Specialmutterzellen selbstständige Zellen und nicht Fächer der Mutterzelle.

VI. Deutung der Zelltheilung bei den Pflanzen.

Die Deutung der Theilung der Pflanzenzelle ergibt sich aus den dargestellten Phänomenen der Theilung bei den Algen und den Mutterzellen des Pollens, sowie aus der Uebereinstimmung der bisher im jugendlichen Gewebe der Phanerogamen wahrgenommenen Erscheinungen — soweit diese die Theilung der Zelle verfolgen lassen — mit den Resultaten der genaueren Untersuchung der Theilung bei Algen und Pollen-Mutterzellen in höchst natürlicher Weise von selbst. Die Theilung der Zelle ist derjenige Vorgang der Zellvermehrung, bei welchen Haut und Inhalt der Mutterzelle gleichzeitig betheiligt sind, bei welchem die Häute der Tochterzellen aus einer unmittelbaren Theilung (Einfaltung) der Mutterzellhaut, und der Inhalt der Tochterzellen aus einer unmittelbaren Theilung des Inhalts der Mutterzelle hervorgehen; bei welchem die Mutterzelle also vollständig mit Haut und Inhalt bei Entstehung der Tochterzellen aufgeht¹⁾. Es müssen aber bei der Betrachtung des Vorganges der Theilung in der Pflanzenzelle stets die Erscheinungen, welche die Wand der Mutterzelle, und diejenigen, die den Inhalt der Mutterzelle betreffen, genau auseinandergehalten werden. —

Im Inhalte der Mutterzelle hat man bisher nur auf zwei Erscheinungen während der Theilung besonders geachtet, auf das Auftreten der Cytoblasten der in

1) In den meisten Fällen geht zwar scheinbar nicht die ganze Mutterzellhaut, sondern nur ihre jüngste Schicht die Theilung ein. Da aber die Schichtenbildung der Zelle als eine wiederholte Neubildung von Zellen um den ganzen Inhalt einer Mutterzelle zu betrachten ist (man vergleiche den Abschnitt über „freie Zellbildung“), eine Zelle mit geschichteter Zellwand, demnach mehrere ineinander eingeschachtelte Zellen vorstellt, von denen die äussere stets die Mutterzelle der nächst inneren war, aber nur die jüngste noch vollständig vorhanden ist, indem von allen übrigen nur die Häute zurückgeblieben sind; so muss der Vorgang der Theilung auch für diese Fälle in der Weise, wie es oben geschah, ausgesprochen werden, indem die Theilung immer nur die jüngste Zelle trifft, diese aber mit Haut und Inhalt bei der Bildung der Tochterzellen durch Theilung auf-

Bildung begriffenen Tochterzellen und auf die Sonderung des Inhaltes der Mutterzelle in so viele Partieen, als Tochterzellen entstehen sollen. An der Wand der Mutterzelle ist bei der Theilung nur die Einfaltung und zuletzt die Abschliessung der Falte bemerkbar. Diese drei sichtbaren Erscheinungen, die Einfaltung der Wand, das Auftreten der Cytoblasten für die jungen Zellen und die Sonderung des Inhaltes der Mutterzelle bilden und vollenden gemeinschaftlich den Theilungsact.

In welcher gegenseitigen Beziehung diese drei Erscheinungen unter sich stehen, ist bisher zu ermitteln noch nicht möglich gewesen. Selbst die zeitliche Reihenfolge ihres Auftretens ist noch nicht ganz sicher bekannt. In vielen Fällen, namentlich bei der Theilung der Mutterzellen des Pollens geht das Auftreten der Cytoblasten unzweifelhaft den beiden anderen Erscheinungen der Theilung, der Sonderung des Inhaltes und der Faltung der Wand vorher; bei der Theilung der Zellen der Spirogyren und Oedogonien scheint das Auftreten der zwei Cytoblasten der Tochterzellen und die beginnende Faltung der Zellwand gleichzeitig einzutreten.

Hängt nun die Sonderung des Inhaltes der Mutterzelle von den entstandenen Cytoblasten ab, oder wird der Inhalt gleichsam durch die eindringende Scheidewand in mehrere Theile zerschnitten, oder ist endlich die Sonderung des Inhaltes ein selbstständiger, eigenthümlicher Prozess, der weder unmittelbar von dem Cytoblasten noch von der Scheidewand abhängt? Diese Frage ist bis jetzt weit davon entfernt, entschieden zu sein. Mir ist es aus Analogie der freien Zellbildung wahrscheinlich, dass die Sonderung des Inhaltes mit dem Cytoblasten in unmittelbarer und nächster Beziehung steht. Nichts desto weniger ist es gewiss, dass auch nicht in einem einzigen Falle die Sonderung des Inhaltes vor Auftreten der Scheidewände nachweisbar ist, und es steht mindestens für viele Fälle fest, dass die Scheidewände bereits sichtbar sind, wenn die ersten Spuren der Trennung im Inhalte wahrgenommen werden. Möglich, dass die Theilungsfälle sich verschieden verhalten, je nachdem die Theilung mit den Erscheinungen im Inhalte oder an der Wand der Mutterzelle beginnt.

geht. Am reinsten tritt der Vorgang auf, wenn die Theilung bereits in Zellen erfolgt, deren Wände sich noch gar nicht verdickt haben, wo daher offenbar die ganze Zellwand der Mutterzelle bei der Theilung durch Einfaltung betheiligt ist; es sind dies die Fälle, die man als „Abschnürung“ bezeichnet hat. —

Die Bildung der Wand der jungen Tochterzellen aus der Haut der Mutterzelle, deren Nachweis der hauptsächlichste Zweck meiner Untersuchungen über Theilung gewesen ist, schliesst sich an die bekannten Faltungerscheinungen, die vielfach an den Wänden der Pflanzenzellen beobachtet wurden, genau an. Wenn ich nicht irre, war *Schleiden*¹⁾ der erste, welcher auf die Faltung der Querswände bei einigen Spirogyren aufmerksam machte. *Naegeli*²⁾ wies später nach, dass die sogenannten Warzen, die der inneren Seite der Wand der Wurzelhaare bei *Marchantia polymorpha* aufsitzen, nach Innen geschlagene Falten dieser Wand sind. Mein Freund *Cohn*³⁾ hat nicht nur die genannten Fälle bestätigt und ausführlicher beschrieben, sondern hat die Falten auch an den Wänden der Oberhautzellen vieler Blumenblätter, namentlich bei *Raphanus sativus*, *Primula chinensis*, *Eruca sativa*, aufgefunden. Ferner müssen hierher wol noch jene Wandbildungen gezählt werden, bei denen die Zellwand wellenförmig gebogen erscheint. Früher nur bei den Oberhautzellen bekannt, ist diese Bildung jetzt auch im Innern des Gewebes vieler Pflanzen von *Caspari*⁴⁾ aufgefunden worden.

Endlich finden sich bei Algen noch Falten der Seitenwände der Zellen, deren Entstehung und Beschaffenheit sicher nachweisbar ist. Cultivirte Exemplare von verschiedenen Cladophoren, so von der leicht cultivirbaren, Jahre lang in engen Gefässen fröhlich fortwachsenden, sich regelmässig verlängernden und verästelnden *Cladophora fracta*, zeigen oft in einer Zelle eine grössere Anzahl verschieden weit nach Innen reichender Falten (I. 19.). Wenn auch manche von diesen nur als unterbrochene und gestörte Theilungszustände anzusehen sind (m. s. Seite 26—29) und sich durch ihre Stellung als solche gleich zu erkennen geben, so möchten andere dagegen nur als einfache Faltungen der Zellwand zu betrachten sein. Die Fähigkeit alter Zellwandschichten, nach Innen geschlagene Falten zu bilden, zeigt sich hierbei aber ausserordentlich auffallend dadurch, dass die älteren, den früheren Zellgenerationen angehörigen, Schichten der Seitenwand sich gleichfalls in diese Falten hineinschlagen (I. 19 a. 20 d. 22 a.), was — nach der Beschaffenheit dieser Falten älterer Zellwände zu urtheilen —

1) *Wiegmann's* Archiv. 1839 u. Beitr. zur Bot. S. 79.

2) *Linnaea* 1842. S. 249.

3) *Nova Acta Acad. Leop. Nat. Cur.* Vol. XXII. P. II. p. 511.

4) *Bot. Zeit.* von *Mohl* und *Schlechtendahl*. 1853. S. 101.

erst geschehen sein muss, als die Falten der inneren Zellschichten bereits gebildet waren. Man sieht solche Falten der älteren Zellschichten sich auch oft zwischen die getrennten Querwände benachbarter Zellen mehr oder weniger tief hineinschlagen.

So ist die Fähigkeit der Zellwand, nach Innen geschlagene Falten zu bilden, als eine allgemein gültige Eigenthümlichkeit der Pflanzenzelle zu betrachten. Die Faltung erscheint als das Resultat einer durch Massenzunahme bewirkten Vergrößerung (Wachsthum) der Zellwand bei verhinderter Ausdehnung. Die Faltung tritt bei alten und bei jungen Zellwänden ein. Bei alten Zellwänden bleibt sie auf einer bestimmten Stufe ihrer Ausbildung stehen. Die Faltung junger Wände kann bis zur völligen Abschnürung vorschreiten. Der Theilungsact der Zelle ist, soweit er die Wand der Mutterzelle betrifft, nichts Anderes als der den allgemeinen Wachsthumsgesetzen der Pflanzenzelle entsprechende Vorgang einer bis zu Ende geführten Faltung.

Unter den verschiedenen Ansichten über Zelltheilung, welche von Anderen aufgestellt worden sind, haben diejenigen von *Mohl* und *Unger* bereits in der vorhergehenden Darstellung ihre erschöpfende Besprechung erfahren. Der Ansicht *Mohl's* ist der wesentliche Stützpunkt, welcher in der von *Mohl* gegebenen Darstellung der Theilung bei *Cladophora glomerata* lag, durch die Auffindung des von *Mohl* in Folge seiner Untersuchungsmethode übersehenen, aber in allen Mittelzuständen der Theilung stets schon vorhandenen Zellstoff-Zwischenhäutgens genommen worden. Es haben hierdurch auch die wenigen Fälle ihre Beweiskraft verloren, in welchen scheinbar zwei getrennte Primordialschläuche in einer Zelle beobachtet worden sind ¹⁾.

Unger's Ansicht einer einfachen Zwischenwandbildung ist durch das Auseinanderschlagen der Zellwandfalte bei unterbrochener Theilung widerlegt worden. Ausserdem steht sie im Widerspruche mit der Thatsache, dass die unzweifelhaft doppelten Scheidewände der jungen Zellen nur die aneinanderstossenden Seiten vollständiger Zellen bilden, deren Umriss sich bei den Specialmutterzellen des Pollens, wie in jedem Gewebe, genau verfolgen lässt. Auch stände der Vorgang der Spaltung einer ursprünglich einfachen

1) Hierhin gehört auch die Beobachtung von *Schacht*, der zwei Primordialschläuche in einer *Ulothrix*-Zelle fand, nachdem er den Faden mit Kali gekocht hatte (Die Pflanzenzelle Taf. III. Fig. 11. 12.).

Zellstofflage, den diese Ansicht nothwendig voraussetzt, ohne jede Analogie mit den übrigen Wachstums- und Bildungserscheinungen der Pflanzenzelle da. Von anderen, entgegenstehenden Ansichten sind nur noch die von *Naegeli*, dass die Theilung durch wandständige Zellbildung um den ganzen vorher getrennten Inhalt geschehen soll, und die von *Karsten*¹⁾ zu erwähnen, wonach alle Zellen ohne Ausnahme als sehr kleine punktähnliche Blasen in anderen Zellen entstehen, und nach und nach zu ihrer späteren Grösse heranwachsen. Beide Ansichten werden durch die unleugbare Thatsache, dass die Scheidewände von der Peripherie nach dem Centrum hineinwachsen, widerlegt.

Gegen *Naegeli* entscheidet das Hineinwachsen der Scheidewände in sofern, als dadurch der Nachweis gegeben wird, dass der Inhalt der Mutterzelle noch nicht getrennt ist, während die Scheidewandbildung bereits eingetreten ist und vorschreitet. Gegen *Karsten* liefert die Theilung den unumstösslichen Beweis, dass die überwiegend grösste Anzahl der Zellen schon als verhältnissmässig sehr grosse Schläuche entstehen, die schon bei ihrer Bildung einen sehr differenten, an Körnern der verschiedensten Formen reichen Inhalt umschliessen. *Mohl*²⁾ hat schon in seinem ersten Aufsatz über die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung es mit Recht besonders hervorgehoben, dass gerade die Theilung der Zellen den besten Beweis gegen die früheren Annahmen einer ursprünglich ausserordentlichen Kleinheit der Zellen liefert, und *Karsten* hätte daher nur nöthig gehabt, die Untersuchungen *Mohl's* zu wiederholen, um sich von der Unhaltbarkeit seiner Ansicht zu überzeugen. Uebrigens geht aus der ganzen Darstellung bei *Karsten* zur Genüge hervor, dass seine Hypothese nur aus höchst flüchtigen Beobachtungen entstanden ist.

Die von mir vertretene Ansicht über den Vorgang der Zelltheilung schliesst sich an die Anschauungen älterer Phytotomen über Selbsttheilung der Pflanzenzelle an.

Es ist unnöthig, alle Stellen anzuführen, wo hin und wieder einer Beobachtung über Selbsttheilung der Pflanzenzelle Erwähnung geschieht, da die Beobachter meist weder eine genaue Darstellung des Vorganges zu geben sich bemühten, noch die allgemeinere Bedeutung dieses Vorganges für die Gewebebildung der Pflanzen erkannten.

1) De cella vitali. Berlin bei *Schröder*; und „Die Vegetationsorgane der Palmen“ in: Schriften der Königl. Akad. d. Wiss. Berlin 1847. S. 28 u. f.

2) Flora 1837. S. 22.

Am gründlichsten wurde die Selbsttheilung der Zelle von *Mohl* in seinem ersten schon citirten Aufsätze über Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung vorgetragen. Er war auch der Erste, welcher die Theilung von dem Gesichtspunkte der Gewebebildung überhaupt als einen Modus der Zellvermehrung betrachtete, obwohl er sie damals noch auf die Conferven beschränkte. In der zweiten Ausgabe seines Aufsatzes hat er die in der ersten gegebene Deutung zurückgenommen, und eine wesentlich von ihr verschiedene neue Deutung des Theilungsactes, gegen welche vorzüglich meine Darstellung der Theilung gerichtet war, vorgetragen. Mir scheint *Mohl* in seinem ersten Aufsätze über diesen Gegenstand der richtigen Deutung näher gekommen zu sein, als in seinem zweiten. Getäuscht durch jene Zustände unterbrochener Theilung, die als Faltungen älterer Zellwände auftreten, und welche er für der Fortentwicklung fähige Mittelstufen der Theilung hielt, übersah er damals, dass die wesentlichste Bedingung der Theilung einer Zelle in dem jugendlichen Zustande ihrer Wand liegt, und hierin liegt der eigentliche Unterschied zwischen der von mir vertretenen Ansicht und der von *Mohl* in jenem ersten Aufsätze und später auch von *Meyen*¹⁾ gegebenen Darstellung des Theilungsactes.

VII. Die freie Zellbildung.

Wie die Zelltheilung in Rücksicht der Wandbildung der Tochterzellen sich an die Eigenschaft alter Zellen Falten zu bilden anschliesst, so schliesst sich die freie Zellbildung — soweit sie die Entstehung der Wand der jungen Zelle betrifft — an die gewöhnliche Verdickungsweise alter Zellen, an die Schichtenbildung an. Der einfachste Fall freier Zellbildung fällt ganz und gar mit der Schichtenbildung zusammen. Es ist der, bei welchem der ganze Inhalt der Mutterzelle zu einer einzigen sich später von der Mutterzelle befreienden Tochterzelle wird. Diese Art der freien Zellbildung könnte auch, wie meist bisher geschah, als eine Schichtenbildung bezeichnet

1) Pflanzenphysiologie Bd. II. S. 344—46.

werden, bei welcher die jüngste Zellwandschicht sich nicht an die älteren Schichten anlegt, sondern diese durchbrechend als selbstständige Zelle auftritt. Beide Auffassungen sind richtig, weil beide nichts Verschiedenes aussagen, indem Schichtenbildung und freie Zellbildung wesentlich identische Vorgänge sind. Es ist bereits früher angedeutet worden, wie die Schichtenbildung durch die wiederholte Umwandlung der Hautschicht des Plasma in die innerste Zellwandschicht erfolgt.

Alle Vorgänge freier Zellbildung haben das Gemeinsame, dass bei der Bildung der Tochterzelle nur der Inhalt und nicht die Haut der Mutterzelle materiell betheiligt ist. Innerhalb dieses gemeinsamen Charakters, welcher allen Zellvermehrungsweisen ausser der Zelltheilung angehört, weichen die einzelnen Fälle freier Zellbildung durch unwesentlichere Verschiedenheiten voneinander ab. Man findet in dem bekannten an Thatsachen und eigenthümlichen Betrachtungen reichen, schon mehrfach citirten Werke über die Verjüngung von *Al. Braun* eine grössere Anzahl als verschieden bezeichneter und bis ins Einzelne genau beschriebener Zellvermehrungsweisen aufgeführt vor. Mir scheinen jedoch mit Ausnahme derjenigen Zellvermehrungsarten, welche zur Zelltheilung gehören, alle übrigen unter dem gemeinsamen Begriff der freien Zellbildung vereinigt werden zu müssen, und ich schliesse mich daher denjenigen an, welche nur eine zweifache Vermehrungsweise der Pflanzenzellen durch Theilung und durch freie Zellbildung annehmen, wenn ich auch über das Wesen des Vorganges, besonders was die Theilung betrifft, mit ihnen nicht übereinstimme. Die besonderen Einzelheiten, wodurch die specielleren Fälle freier Zellbildung sich unterscheiden, gehören in die Entwicklungsgeschichte der Fructificationsorgane, deren Entstehung meist durch freie Zellbildung erfolgt, und nicht in die Darstellung der Lehre von der freien Zellbildung selbst.

Allgemeines Gesetz für die freie Zellbildung ist nach den übereinstimmenden Untersuchungen fast aller neueren Phytotomen, dass sich Zellen nur im Inneren alter Zellen bilden können, und dass, wie ich als Unterschied von der Zelltheilung jetzt hinzufügen kann, die Haut der Mutterzelle bei der Entstehung der Tochterzellen nicht materiell betheiligt ist.

Nach dem Verhalten der Mutterzelle bei der Bildung der Tochterzellen, und je nachdem die Tochterzellen einzeln oder zu vielen aus dem ganzen Inhalte oder nur aus einem Theile des Inhaltes der Mutterzelle sich bilden, lassen sich folgende Modalitäten freier Zellbildung unterscheiden, die wol alle vorkommende Fälle umfassen.

A. Im Inneren einer ungestört fortbestehenden Mutterzelle entstehen eine oder mehrere freie Zellen. Die Mutterzelle selbst und ihr zur Bildung der Tochterzellen nicht verbrauchter, übriger Inhalt erleiden keine weitere Störung.

Beispiele: Bildung des Endosperms, sowie der Keim- und Schwindezellen (nach *Hofmeister*) im Embryosacke der Phanerogamen¹⁾.

B. Im Inneren einer Mutterzelle entsteht aus einem Theile ihres Inhaltes an irgend einer Stelle eine neue Zelle; der übrige Inhalt der Mutterzelle schliesst sich durch die Bildung einer Scheidewand von der Tochterzelle ab.

Beispiele: Entstehung des Sporangium bei *Achlya* und *Vaucheria*²⁾.

C. Im Inneren einer Mutterzelle entstehen aus ihrem ganzen Inhalte eine oder mehrere Tochterzellen, und hierdurch erlischt natürlich das eigenthümliche Leben der Mutterzelle, deren Haut dann in vielen Fällen als äussere Bedeckung der Tochterzellen dient.

Der Erscheinung nach sind folgende zwei Fälle zu unterscheiden:

a) Es entsteht um den ganzen Inhalt der Mutterzelle eine einzige Tochterzelle, welche Plasma und Zellflüssigkeit der Mutterzelle in sich einschliesst.

Ein weit verbreiteter Vorgang innerhalb der Entstehungsweise der Sporen der Cryptogamen und der Pollens der Phanerogamen³⁾.

1) Die Entstehung der freien Tochterzellen findet, soweit meine Untersuchungen reichen, immer in der Nähe der Wand der Mutterzelle statt. Dies geht aus der peripherischen Ansammlung des Wandplasmen im Embryosacke mit Nothwendigkeit hervor. In der Zellflüssigkeit entstehen wol niemals freie Zellen. Von der Existenz der freien Zelle, welche nach *Hofmeister* (Vergleichende Untersuchungen über höhere Cryptogamen, Leipzig 1852) in der Basalzelle des centralen Stranges der Archegonien entstehen soll, konnte ich mich bisher noch nicht überzeugen.

2) *Unger* (zur Lebensgeschichte der *Achlya prolifera*, Linnaea 1842) fasst den Vorgang als eine einfache Zwischenwandbildung auf. Ich habe in meinem Aufsatze über die *Achlya* (Nova Acta Acad. Leop. Nat. Cur. Vol. XXIII. p. 238 u. f.) schon die Gründe angegeben, warum ich die im Text gegebene Darstellung des Vorganges für die richtige halte. Ich füge der dortigen Angabe jetzt noch hinzu, dass die Wand, welche sich unterhalb der Querwand des Sporangium bildet, und so den übrigen Theil des Schlauches wieder abschliesst, wahrscheinlich dadurch entsteht, dass sich eine Hautschicht unterhalb der Querwand des Sporangium ansammelt, die dann zur Membran erhärtet und sich genau an die Seitenwände des Schlauches anschliesst. Dieser Vorgang deutet ein sehr bemerkenswerthes Reproductionsvermögen der Zelle an, wodurch sie im Stande ist, ihre Haut stückweise zu ergänzen. Aehnliche Fälle vergleiche man bei *Naegeli* (Zeitschrift f. w. Botanik. Heft I. S. 91—93).

3) Dieser Fall der freien Zellbildung, identisch mit der Schichtenbildung, knüpft zugleich

Beispiele: Bildung der ruhenden und beweglichen Sporen bei Oedogonium, Bulbochaete, Vaucheria, der Copulationskörper bei Spirogyren und Desmidiaceen; der Mutterzelle des Pollens in den für die Pollenbildung bestimmten Gewebezellen des Antherenfaches, der eigentlichen Pollenzelle selbst in den Specialmutterzellen u. s. w.

b) Es entstehen viele Tochterzellen aus dem gesammten Plasma-Ueberzuge der Wand der Mutterzelle ¹⁾.

Beispiele: Sporenbildung bei Achlya, Netz- und Microgonidienbildung bei Hydrodictyon, Coelastrum u. s. w.

Der Entdecker der freien Zellbildung, *Schleiden*, hat diesen Vorgang bei der Bildung des Endosperms der Phanerogamen zuerst untersucht. Nach ihm entsteht bekanntlich in dem Inhalte der Mutterzelle zuerst ein Cytoblast, welcher an seiner Peripherie einen Theil der umgebenden Flüssigkeit in Gallerte verwandelt, diese bildet nach ihrer Umwandlung in Zellstoff die primäre Zellstoffwand der Zelle.

Schleiden hat offenbar dem Cytoblasten eine zu wesentliche Rolle bei der Zellbildung zugetheilt, wenn er ihn bei der Entstehung der Wand der Zelle betheiligt sein lässt. Durch die späteren Beobachter der freien Zellbildung, namentlich durch die Untersuchungen der Bildung der Algensporen und des Pollens der Phanerogamen ist, so besonders durch *Naegeli*, festgestellt worden, dass die Bildung der Wand mindestens nicht immer an der Oberfläche des Cytoblasten, sondern eben so gut an der Oberfläche

die freie Zellbildung an die Zelltheilung an. Denn, wie bei der Zelltheilung die Wand der Tochterzellen materiell aus der Wand der Mutterzelle hervorgeht, so entsteht sie hier wenigstens in vielen Fällen ganz sicher aus der Hautschicht der Mutterzelle, die ja eigentlich nur eine frühere Entwicklungsstufe der Zellwand darstellt. Wenn erst dieses Verhalten der Hautschicht der Mutterzelle in dem bezeichneten Falle freier Zellbildung einer umfassenden Untersuchung unterworfen sein wird, wird es vielleicht möglich sein, Zelltheilung und freie Zellbildung unter einen gemeinsamen Begriff zu vereinigen.

1) Die genaue Beschreibung dieses Vorganges findet man bei Hydrodictyon von *A. Braun* Verjüngung S. 279; bei Coelastrum in meinem Aufsatz, Flora 1852. Taf. XVII. und bei der Bildung der ruhenden und beweglichen Sporen der Achlya in meinem Aufsatz über diese Pflanze in den Leopold. Act. Ich hebe hier noch besonders hervor, dass die Theilung des Plasma-Ueberzuges in so viele Theile, als Tochterzellen entstehen sollen, an der inneren Seite des Plasma-Ueberzuges beginnt und von da an immer mehr nach der Wand zu einschneidet.

einer gesonderten Inhaltspartie, die aus sehr differenten Substanzen zusammengesetzt sein kann, erfolgt. Dass der Cytoblast aber bei der Bildung der Wand an der Peripherie einer solchen Inhaltsmasse, selbst wenn er in der Masse nachweisbar vorhanden ist, unmittelbar betheiligt sein sollte, wäre eine ganz willkürliche Hypothese.

Der Cytoblast steht auch in der That weder in unmittelbarer functioneller Beziehung zur Entstehung der Wand der jungen Zelle, noch in unmittelbar räumlicher Verbindung mit der Wand nach ihrer Entstehung. Die ursprüngliche Annahme *Schleiden's*, dass der Cytoblast in seitlicher Stellung der Wand der Zelle anliegt, ist bereits in so fern berichtigt worden, als man jetzt allgemein annimmt, dass der Cytoblast innerhalb der Hautschicht (Primordialschlauch) liegt, mit welcher er sich bekanntlich zugleich bei Einwirkung verschiedener chemischer Reagentien von der Wand ablösen lässt. Aber auch diese Annahme bedarf einer Berichtigung. Der Cytoblast liegt nicht in der Hautschicht, sondern in der Körnerschicht des Plasma und zwar innerhalb ihrer innersten Lage, und dies ist auch der Grund, weshalb er bei stark entwickelter Körnerschicht häufig schwer aufzufinden ist. Wo die Körnerschicht eine bedeutendere Dicke hat, da ist dies Verhältniss sehr leicht erkennbar, und daher kommt es, dass der Cytoblast z. B. bei den Charen, in deren Zellen, worauf ich bereits hindeutete, die innerste Plasma-Schicht in Bewegung ist, sich mit diesen unter den feststehenbleibenden Chlorophyllkörnern fortbewegt. Bis jetzt hielt man den sogenannten Primordialschlauch (die Hautschicht), den Cytoblasten und das Plasma der Zelle für chemisch und physiologisch nah verwandte Bildungen. Wie die Hautschicht aber als stoffliche Grundlage der Zellwand sich chemisch von der Körnerschicht des Plasma und dem Cytoblasten unterscheidet, so hängt sie auch mit beiden gar nicht näher zusammen. Auch wenn der Cytoblast central ist, und Plasma-Stränge von ihm an die Wand der Zelle verlaufen, so setzen diese sich nicht — wie man bisher annahm — in den Primordialschlauch (die Hautschicht) fort, sondern endigen in der Körnerschicht, wie beispielsweise die genaue Beobachtung der Spirogyren-Zellen leicht erkennen lässt, wo die Plasma-Stränge, die von dem centralen Cytoblasten ausgehen, ganz unverkennbar nur bis zu den grünen Spiralbändern verlaufen und hier aufhören, mit der Hautschicht aber nicht in Verbindung stehen.

Frägt man nun nach der Bedeutung des Cytoblasten, so muss gewiss zugegeben werden, dass seine Existenz von besonderer Wichtigkeit für das Zellenleben ist. Dafür

spricht nicht nur sein überaus häufiges Vorkommen, sondern auch die Nothwendigkeit seiner Existenz in den Zellen, in denen er gefunden wird, welche sich dadurch ausspricht, dass bei der Bildung der Zelle der Cytoblast stets gleich mitgebildet wird. Hierin liegt aber Alles, was wir bis jetzt von der Bedeutung des Cytoblasten wissen.

Man weiss, dass der Cytoblast in den überwiegend meisten Pflanzenzellen gefunden wird. Man weiss, dass, wenn diese Zellen sich vermehren, für jede entstehende Zelle gleich ein Cytoblast als ein wesentlicher Theil ihres Inhaltes mitgebildet wird. Bei der freien Zellbildung, bei welcher der Inhalt überhaupt vor der Wand der jungen Zelle entsteht (d. h. sich absondert), ist auch der Cytoblast früher als die Haut vorhanden. Es ist ferner gewiss, dass bei der freien Zellbildung solcher Zellen, die einen Cytoblasten haben, der Cytoblast das Erste ist, was von der jungen Zelle überhaupt in die Erscheinung tritt, und dass ebenso bei der Zelltheilung das Auftreten der Cytoblasten für die Tochterzellen oft die erste Erscheinung beginnender Theilung ist. Daraus wird es wahrscheinlich, dass der Cytoblast gleichsam als Anziehungsmittelpunkt bei der Concentrirung und Abgrenzung der Plasma-Masse wirkt und es liegt gleichzeitig die Vermuthung nahe, dass er auch in der ausgebildeten Zelle die Ordnung des Inhaltes regelt. Solche Vermuthungen können aber nur als Ausgangspunkte künftiger Forschung eine Geltung haben, bis es einst möglich sein wird, auch die mechanischen Bedingungen des Zellebens einer gründlichen Untersuchung zu unterwerfen. Gegen die unbedingte Nothwendigkeit des Cytoblasten für das Zelleben sprechen bis jetzt noch immer die unleugbaren Fälle, in denen kein Cytoblast in der Zelle gefunden werden kann. Es wäre höchst unwissenschaftlich, wollte man die Beweiskraft dieser Fälle durch die Behauptung beseitigen, dass die Cytoblasten vorhanden sind, auch wo sie nicht gesehen werden. Denn trotz der oft eintretenden Schwierigkeiten, welche sich der Auffindung der Cytoblasten in einzelnen Fällen entgegenstellen, und auf welche ich oben selbst aufmerksam gemacht habe, könnte eine solche Behauptung nur dann auf Geltung Anspruch machen, wenn die bestimmte Weise, in welcher der Cytoblast bei den Erscheinungen des Zellebens mitwirkt, bereits erkannt wäre.

Nächst der Bedeutung des Cytoblasten ist die Beschaffenheit der primären Membran, welche bei der freien Zellbildung entsteht, zu erörtern.

Erst durch die bestimmte Abgrenzung nach Aussen, welche ihr durch die Haut gegeben wird, erhält die Zelle jene individuelle Abgeschlossenheit und innere Selbststän-

digkeit, durch welche sie das morphologische und physiologische Element der Pflanzen wird; denn wie der organische Stoffwechsel erst mit der Existenz der Haut beginnen kann, und ohne Haut gar nicht denkbar ist, so wird die Zelle auch durch die Haut erst fähig, sich durch Theilung zu vermehren, und ein geschlossenes Gewebe zu bilden.

Nackte Zellen oder Zellen ohne Haut im strengsten Sinne des Wortes können gar nicht vorhanden sein; die in der Zellbildung begriffenen Partien des Plasma der Mutterzelle so zu nennen, wäre aber unstatthaft; denn die Zellwand, durch welche solche Inhaltsmassen anderer Zellen erst selbst zur Zelle werden, bildet sich nicht etwa durch ein der sich ablösenden Inhaltspartie bereits inwohnendes Vermögen der Zellstoffproduction, welches ohne Endosmose gar nicht denkbar ist, sondern kann nur unter dem lebendigen Einflusse der Mutterzelle sich erzeugen. Ob es aber nackte Zellen in dem Sinne giebt, in welchem dieser Ausdruck in jüngster Zeit für solche Zellen gebraucht wurde, die ohne Zellstoffhaut nur von dem Primordialschlauch umgeben sein sollen, dies zu entscheiden, dazu ist eine nähere Untersuchung der Thatsachen nöthig, welche für diese Ansicht angeführt worden sind. Es fällt diese Frage aber mit der nach der Beschaffenheit des ersten Häutchens, welches sich bei der freien Zellbildung um die gesonderte Inhaltsmasse bildet, zusammen.

Nach *Schleiden* ist jenes Häutchen, welches an der Grenze des Cytoblasten entstehen soll, die primäre Zellstoffhaut, und er hielt diese Ansicht auch später nach der Einführung des Primordialschlauches in die Wissenschaft noch fest, während die übrigen Phytotomen, von der Existenz des Primordialschlauches überzeugt und der Ansicht *Mohl's* über seine Bedeutung zugeneigt, in jenem ersten Häutchen den Primordialschlauch erkennen und annehmen, dass die Zellstoffhaut erst später von dem Primordialschlauch an seiner äusseren Fläche abgeschieden werde. Diese letztere Ansicht stützt sich zwar nicht auf die Untersuchung der Zellen, die frei im Embryosacke entstehen, deren zarter Bau unmittelbar nach ihrem Entstehen die Entscheidung dieser Fragen bei ihnen auch unmöglich machen würde, sondern auf den Bau der ebenfalls durch freie Zellbildung entstehenden Zoosporen der Algen, welche in letzter Zeit allgemein als nackte Primordialschlauchzellen angesehen worden sind. Ich will auch diese letzte Stütze des Primordialschlauches jetzt einer genauen Betrachtung unterwerfen, um dem Primordialschlauche auf allen Wegen, auf welchen er in die Wissenschaft eingeführt wurde, nachzugehen, und die Unzulänglichkeit der Beweise für seine Existenz darzuthun.

Dafür, dass die Zoosporen nur vom Primordialschlauche bekleidet sind, wird angeführt, dass sie während des Schwärmens oder vor Austritt aus dem Sporangium, unter Einwirkung chemischer Reagentien (Alkohol, Säuren, Chlorzinkjodlösung) sich im Ganzen zusammenziehen, ohne dass eine feste Begrenzung ihrem ursprünglichen Umfange entsprechend sichtbar wird, dass aber diese Begrenzung, nachdem die Sporen sich festgesetzt haben, auftritt. Hieraus wurde geschlossen, dass der Primordialschlauch, welcher während des Schwärmens die einzige Begrenzung der Zoospore bildet, sich während des Schwärmens und beim Festsetzen mit einer Zellstoffmembran bekleidet.

Man ging hierbei erstens von der irrthümlichen Ansicht der völligen Starrheit der Zellstoffmembran aus, die ich schon früher zu bekämpfen suchte, indem ich nachwies, dass die jugendliche Zellstoffhaut unmittelbar nach ihrer Bildung ausserordentlich weich und dehnbar sich auch in sich selbst zusammenziehen könne, kurz alle die Erscheinungen zeige, die bisher ausschliesslich für den Primordialschlauch beansprucht worden sind. Man übersah ferner, dass, obgleich die Zoosporen während des Schwärmens oder vorher mit Reagentien behandelt, sich allerdings so verhalten, wie es angegeben wurde, sie doch merkwürdiger Weise, wenn sie unmittelbar oder doch ganz kurz nach ihrem Festsetzen mit chemischen Reagentien behandelt werden, gar keinen Primordialschlauch mehr besitzen. Dies ist bei sehr kleinen Zoosporen schwer wahrnehmbar, leicht dagegen bei den grösseren Zoosporen, namentlich bei denen der grösseren Oedogonien.

Behandelt man diese Zoosporen noch innerhalb des nachweisbar aus Zellstoff bestehenden Sporensackes, der sie beim Ausschlüpfen aus ihrer Mutterzelle umgiebt, mit Chlorzinkjodlösung, so ziehen sie sich allerdings im Ganzen zusammen, ohne eine feste Begrenzung an ihrem früheren Umfange zurückzulassen (IV. 22. 23.). Werden diese Sporen aber im Augenblicke, wenn sie sich festsetzen, oder doch kurz nachher, mit Chlorzinkjodlösung behandelt, so zeigen sie jetzt ihre Zellstoffmembran ganz unverkennbar, indem diese nun, nicht nur ohne sich zusammenzuziehen, fest stehen bleibt, sondern bei längerer Einwirkung der Chlorzinkjodlösung auch schön blau wird (IV. 24. 25.); aber der Primordialschlauch ist nicht mehr vorhanden, der Inhalt zieht sich innerhalb seiner Zellstoffhülle zusammen, ohne eine vollständige ihn umschliessende Grenzlinie zu zeigen. Kurz, die Hautschicht wird unter den bereits früher beschriebenen Erscheinungen sichtbar, die ihre schleimig-gelatinöse Consistenz erkennen lassen und dem Beobachter die unbedingte Gewissheit ver-

schaffen, dass sie keine Membran ist. Man erkennt sie unter der Form einzelner, von dem zusammengefallenen grünen Inhalte ausgehender, Streifen ganz entsprechend der allmäligen Lostrennung einer klebrigen Substanz (IV. 24. 25.).

Würde nun die Begrenzung der Zoosporen vor und während des Schwärmens von einer eigenthümlichen Membran, dem Primordialschlauche, herrühren, welche die Zellstoffwand an ihrer Aussenfläche ausschiede, so müsste diese Membran doch unmittelbar nach dem Schwärmen noch vorhanden sein, und es ist nach der geltenden Zellehre gar nicht einzusehen, warum sie jetzt nicht mehr eine ebenso scharfe, deutliche und vollständige Inhaltsbegrenzung darstellen sollte, als vorher. Da diese Begrenzung aber jetzt verschwunden ist, so ist wol nichts natürlicher, als in Uebereinstimmung mit meiner Ansicht über die Bildung und die Beschaffenheit der jugendlichen Zellmembran, die ich im Laufe dieser Abhandlung aufzustellen und zu erweisen suchte, anzunehmen, dass die frühere Begrenzung der Zoosporen nichts anderes ist, als die jugendliche Zellwand selbst, die dem starken Einflusse der Reagentien noch nicht widerstehen konnte, während der weiteren Ausbildung der Zoospore aber eine stärkere und festere Consistenz erhält, oder mit anderen Worten, dass der vermeintliche Primordialschlauch schon die primäre Zellstoffwand ist und dass in der Begrenzung der Zoosporen während des Schwärmens uns nur einer der frühesten Entwicklungszustände der Zellstoffwand vor Augen tritt. Die weitere Beobachtung, dass etwas später, wenn die Wurzelverlängerung der keimenden Zoospore schon etwas grösser geworden ist, der Primordialschlauch plötzlich wieder da ist, und durch starke chemische Reagentien als eine den Inhalt völlig umschliessende Grenzlinie sichtbar gemacht werden kann (IV. 26.), stimmt mit meiner Auffassungsweise aufs Schönste überein, indem nun die neue Ansammlung der Hautschicht wieder soweit vorgeschritten ist, um diese membranartig erscheinen zu lassen. So liefert gerade der Bau der Zoosporen einen Beweis für meine Ansicht von der allmäligen Ansammlung der Hautschicht des Plasma, die nach und nach eine festere Consistenz annimmt, wodurch ihr die Bedeutung des Primordialschlauches zuertheilt wurde, und endlich von fremdartigen Beimengungen befreit zur Zellstoffwand wird¹⁾.

1) Die Zoosporen der Oedogonien liefern überdies noch sehr schöne Aufschlüsse über den Bau der Zoosporen überhaupt. Ich kann an dieser Stelle nur einige Andeutungen hierüber geben. Ich halte die Zeit nicht mehr für fern, wo allgemein anerkannt werden wird, dass die sogenannten

Ganz dieselben Erscheinungen lassen sich auch bei den ruhenden Sporen nachweisen; so z. B. bei den Sporen der Spirogyren (IV. 21.), wo ebenfalls zu der Zeit, wenn die Begrenzung der ruhenden Sporen eine festere Consistenz angenommen hat, der Primordialschlauch verschwunden ist, und die noch unvollständige Hautschicht ihre klebrige Beschaffenheit auffallend offenbart. Auch das Zusammenfliessen der Hautschicht zweier Zellen zu einer einzigen bei der Copulation der Zellen der Spirogyren und Desmidiaceen hätte längst Zweifel an die Existenz des Primordialschlauches erwecken müssen.

Cilien der Zoosporen keine Bewegungsorgane sind. Ganz im Gegentheil sind sie vielmehr als die Haftorgane der Zoosporen zu bezeichnen, die ohne sie nicht zur Ruhe kommen würden. Dadurch, dass bei der Bewegung der Zoosporen die einzelnen Cilien bald hier, bald dort hängen bleiben, kommt die Wurzelstelle der Zoospore in eine längere Berührung mit mancherlei Substanzen, die, wenn nahrungsfähig, die Aufnahme geeigneter Nahrungsstoffe und die Verlängerung der Wurzelstelle einleiten und hiermit der Bewegung ein Ende machen. Die Ursache der Bewegung liegt in der aus dem Baue der Zoospore nothwendig folgenden ungleichmässigen Ernährung einzelner Stellen der Sporen durch die Endosmose. Die Zoosporen der Oedogonien sind nicht nur nicht nackt, sondern besitzen, wie alle Zoosporen sogar zwei Membranen, wie ich dies schon bei den Zoosporen der Achlya nachwies. Ich hielt dort die innere Membran meiner damaligen Ansicht über den Bau der Zelle entsprechend für den Primordialschlauch; jetzt muss ich sie für eine junge Zellwandschicht, oder was dasselbe ist, für die äussere Begrenzung der Hautschicht erklären. Die Bewegung der Zoospore wird nun dadurch hervorgerufen, dass die äussere Membran an einzelnen Stellen durchlöchert ist, weshalb an diesen Stellen auch eine stärkere Endosmose wirksam ist. Bei den meisten Zoosporen befindet sich das Loch der äusseren Membran an der vorderen (hellen) Stelle der Zoospore; so auch ganz auffallend nachweisbar bei den Oedogonien. Diese Stelle ist viel richtiger die hintere Stelle und die Bewegung der Spore eine rückgängige zu nennen. Der Bau der Oedogonien-Spore erklärt sich leicht aus der eigenthümlichen, beschriebenen Zellvermehrungsweise dieser Algen. Die innere Haut der Zoospore hat wachsend die äussere Haut der Zoospore schon vor ihrem Austritt aus der Vegetationszelle so durchbrochen, wie die Tochterzelle die Mutterzelle bei der Theilung durchbricht, dadurch entsteht die Oeffnung der äusseren Haut; dieses Verhältniss ist an der keimenden Spore nachweisbar, wo jedesmal die Oeffnung der äusseren Sporenhaut sichtbar wird, und zugleich auch die an ihr befestigten Cilien noch später wenigstens in Rudimenten gefunden werden können. Es ist überraschend, dass die so auffallende Oeffnung der äusseren Sporenhaut der Oedogonien, die bei dem Keimlinge wie ein breiter, seinen Wurzelanfang umgebender Ring erscheint, bisher ganz übersehen wurde (IV. 26 — 31.). Die innere Sporenhaut der Zoospore wächst zu der Wurzelverlängerung aus. Die Cilien sind bei Achlya sicher, bei den Oedogonien anscheinlich an der äusseren Sporenhaut befestigt (Fortsetzungen derselben). Bei anderen Zoosporen mögen sie vielleicht der inneren Sporenhaut angehören (Chlamidococcus).

VIII. Rückblick.

Als Ergebniss der im Vorhergehenden mitgetheilten Untersuchungen glaube ich einige die geltenden Vorstellungen über den Bau und das Leben der Pflanzenzelle modificirende Behauptungen aufstellen zu dürfen..

Was erstens den Primordialschlauch betrifft, so ist erkannt worden, dass es keine eigenthümliche zweite von der Zellstoffhaut verschiedene Hülle der Pflanzenzelle giebt. Es ist gezeigt worden, dass die scheinbar feste Begrenzung, welche der Inhalt der Pflanzenzelle bei seiner Loslösung von der Wand unter gewissen Bedingungen annimmt, aus der Consistenz und Anordnung des Plasma, der Haut- und Körnerschicht erklärbar wird, und dass in manchen Fällen die schon vorhandene jugendliche Zellstoffwand für den Primordialschlauch gehalten wurde. Die Annahme einer Secretion des Zellstoffes durch den Primordialschlauch an seiner äusseren Fläche erschien als eine nicht nur unnöthige, sondern sogar als eine falsche Hypothese.

Ferner ist in Betreff der Natur der wahren Zellstoffwand durch den Nachweis, dass die jugendliche Zellstoffwand sich unter Einfluss von Säuren und Chlorzink auflöst, der gewöhnlichen Annahme entgegengetreten worden, dass die Cellulose sich durch Säuren stets in Amylum umwandeln lasse. Es geht hieraus ersichtlich hervor, dass der Zellstoff zugleich mit den Veränderungen seines Aggregats-, Festigkeits- und Dichtigkeits-Zustandes auch leichte Modificationen in seiner ^{chemischen} mechanischen Zusammensetzung erfahren muss, die wahrscheinlich nur in Wasserverlust bestehen mögen. Im jugendlichen, halbflüssigen und weichen Zustande an sich im Wasser unlöslich und durch Jod sich nicht bläuend, wird er durch Säuren, Chlorzink u. s. w. (wahrscheinlich als Wasser stark anziehende Substanzen) auflöslich gemacht, und auch jetzt durch gleichzeitige Anwendung von Jod nicht gebläut, d. h. er wird wahrscheinlich in eine lösliche Form der Stärkereihe, die sich mit Jod nicht bläut, übergeführt. In einem späteren, derberen Zustande — dieser ist bis jetzt als der früheste angesehen worden — verwandelt er sich bekanntlich durch Säuren und Alkalien in (mit Jod sich bläuendes) Amylum, und wird

Cellulose, durch Lsg. Wasser unlöslich soll also in Stärke (Amylum) umgewandelt werden, welche sich durch Jod bläut.

nicht löslich. In noch späterem Zustande wird der Zellstoff in alten Zellmembranen, wie bekanntlich *Mohl* mit Sicherheit nachgewiesen hat, durch fremdartige Beimengungen so stark infiltrirt, dass seine Umwandlung in Stärke erst gelingt, wenn jene fremdartigen Beimengungen entfernt worden.

Endlich ergab sich durch die Andeutungen über die Anordnung des Zellinhaltes lebhaft vegetirender Zellen, über den Ort, wo der chemische Process, die Stoffbildung, in der Pflanze vor sich geht, über die Bedeutung der Hautschicht, ihre allmälige Ansammlung und ihre Umwandlung in die Zellstoffwand, sowie durch die Bekämpfung der Ansicht von der ursprünglichen Starrheit und Unbiegsamkeit der Zellstoffmembran und durch den Nachweis des wahren Baues der Zoosporen eine natürliche Auffassung der Erscheinungen des Zellenlebens, die zwar vor der Hand noch nicht in allen Punkten gleich sicher begründet ist, deren Berechtigung aber vor den vorhandenen Vorstellungen über die Pflanzenzelle aus den mitgetheilten Untersuchungen hervorgeht. Ihre weitere Ausführung und Begründung behalte ich einer zweiten Abtheilung meiner Untersuchungen vor. Ihr wesentlicher Inhalt lässt sich in folgende Sätze kurz zusammenfassen:

Jede Pflanzenzelle besteht nothwendig aus einem von einer völlig geschlossenen Zellstoffhaut umgebenen Inhalte. Eine Zelle ohne Haut ist undenkbar, eine Pflanzenzelle ohne Zellstoffhaut existirt nicht. Der Inhalt der Zelle besteht aus einem Gemische nach Form und Stoff verschiedener fester Substanzen und aus einer Flüssigkeit. Die festen Theile nehmen ursprünglich den peripherischen Theil der Zellhöhlung ein; sie liegen an der Wand der Zelle. Die Zellflüssigkeit füllt den mittleren Raum aus¹⁾. Die festen Theile des Inhaltes bestehen aus einer schleimigen, klebrigen Grundlage, dem Plasma, welches oft einen sehr starken Zusammenhang seiner Masse zeigt, und in welchem die körnigen Bildungen eigenthümlicher Form, die in den meisten Zellen sich vorfinden, eingebettet liegen. An der Grenze von Zellflüssigkeit und diesem Wandplasma findet der chemische Process in der Zelle und gleichzeitig die Bewegung im Inhalte statt, die in vielen Fällen sichtbar ist. Hier liegt auch der Cytoblast bei sogenannter parietaler Lage, er ist deshalb immer mit der Zellflüssigkeit in Berührung, auch wenn er

1) Mit dem Alter der Zelle, wenn der Inhalt aufgezehrt oder durch und durch gleichartig wird, hört diese Anordnung natürlich auf.

nicht central ist. An dieser Grenze von Zellflüssigkeit und Wandplasma wird auch der Zellstoff gebildet. Nach seiner Bildung sammelt er sich in halb-flüssigem, wahrscheinlich noch nicht völlig reinem Zustande unmittelbar unter der Zellwand an, bis er zu einem die Wand völlig deckenden Ueberzuge wird. In den Zellen, in welchen der Zellstoff sich in solcher Weise zu einer starken, bemerkbaren Lage an der Wand angesammelt hat, zeigt das Wandplasma eine Schichtung in zwei Lagen, eine äussere, aus einer farblosen, gelatinösen Substanz bestehende, und eine innere, schleimig-körnige, in welcher die Chlorophyllkörner und die übrigen körnigen Bildungen eigenthümlicher Form wieder zu äusserst liegen. — Hat sich der Zellstoff zu einer die Wand der Zelle völlig bedeckenden Lage gesammelt, so wandelt er sich entweder an seiner äusseren oder inneren Fläche direct in eine Zellenmembran¹⁾ um. Im ersten Falle schliesst sich die junge Zellstoffwand meist an die alte Zellwand an, im zweiten Falle bleibt eine Masse, der unverbrauchte Zellstoff, in dem Zustande, in welchem er in der Hautschicht vorhanden ist, zwischen der alten und jungen Zellwand liegen. — Fast gleichzeitig mit der Umwandlung der Hautschicht in die Zellwand erfolgt in bestimmten Fällen eine Faltung der jungen Zellwand. Diese kann bis zur völligen Abschliessung der Falte vorschreiten, und hierin besteht die eine Vermehrungsweise der Pflanzenzelle, die Theilung. Die andere Vermehrungsweise, die freie Zellbildung, beruht auf der Bildung einer Zellstoffhaut um einen Inhalt, welcher sich vielleicht unter Einfluss des Cytoblasten um eine innere Höhlung gruppirt.

1) Wie die secundären Ablagerungen, welche in Form von Ringen, Spiralen, Netzen, Leisten u. s. w. auftreten, mit der Annahme der Secernirung des Zellstoffes an der Aussenfläche des Primordialschlauches zu vereinigen wären, ist ganz undenkbar. Sollte der Primordialschlauch bald an seiner ganzen Oberfläche, bald nur an einzelnen Stellen Zellstoff abscheiden? Wie wäre dies bei der Structurlosigkeit dieser vermeintlichen Membran möglich? Nach meiner Ansicht von der Hautschicht ist zu vermuthen, dass jene Formen secundärer Ablagerungen die starr gewordenen Zustände des der Wand anliegenden Zellstoffes darstellen, bevor dieser noch zu einer die Zellwand völlig bekleidenden Schicht sich angesammelt hat. In dem Zellstoffring innerhalb der Oedogonien-Zellen tritt uns eine ringförmige Anhäufung des Zellstoffes an der Wand der Zelle unmittelbar vor Augen. Die übrigen Formen erklären sich aus den beobachteten Zuständen der Hautschicht während ihrer Ansammlung leicht. — Es ist jedoch ausserordentlich schwer, diese Ansicht durch die directe Erfahrung in den einzelnen Fällen zu bestätigen; ich hoffe jedoch, meine dahin gerichteten Bemühungen noch zu einem glücklichen Resultate führen zu können.

IX. Einige nachträgliche Bemerkungen über die Methode der Untersuchung.

A. Ueber die Anwendung chemischer Reagentien uner dem Mikroskope.

In den Naturwissenschaften bildet die Methode der Untersuchung den Ausgangspunkt für die Kritik des Resultates; die nähere Bezeichnung der Methode gehört deshalb unbedingt in die Darstellung der Untersuchung. Nun ist zwar die mikroskopische Untersuchungsmethode im Allgemeinen stets dieselbe, und muss in ihrem wesentlichen Gange als bekannt vorausgesetzt werden; aber dennoch befolgt wol jeder mikroskopische Beobachter einen eigenen, wenn auch nur durch geringe Abweichungen bezeichneten Weg bei seinen Untersuchungen. Freilich sind es nur kleine manuelle Kunstgriffe, wodurch sich die Untersuchungsweisen verschiedener Forscher, namentlich bei der Anwendung chemischer Reagentien unter dem Mikroskope unterscheiden, aber auch diese sollten unbedingt jedesmal zugleich mit der Untersuchung veröffentlicht werden, weil die Hervorrufung der Erscheinung bei der Nachuntersuchung oft wesentlich von der ganz speciellen Befolgung der Untersuchungsmethode abhängt. Es möchte schwer halten, und zur Zeit vielleicht noch unmöglich sein, eine ausführliche und ins Einzelne gehende Anweisung zur mikrochemischen Analyse zu geben; dagegen lassen sich schon jetzt einige allgemeine Grundsätze aussprechen, deren genaue Befolgung, wie ich mich durch vielfache Untersuchungen überzeugt habe, allein die Erlangung eines richtigen Resultates möglich macht. —

Die erste und wesentlichste Bedingung jeder mikroskopischen Untersuchung muss sein, die Reagentien nur langsam und allmähig auf das Object einwirken zu lassen, um, worauf es bei Beurtheilung der Wirkungsweise der Reagentien vor Allem ankommt, den Gang der Einwirkung schrittweise verfolgen zu können.

Man darf deshalb das zu untersuchende Object nicht etwa unmittelbar in das Reagens hineinlegen und überhaupt nicht Reagens und Untersuchungsobject unmittelbar zusammenbringen, weil die Einwirkung sonst zu stürmisch erfolgt, und man nur das her-

vorgerufene Resultat, nicht aber, wie es hervorgerufen wurde, beurtheilen kann. Das Beste ist das Object wie gewöhnlich in einem Tropfen Wasser unter dem Deckglase zu beobachten, und dann einen, oder je nach Bedürfniss mehrere Tropfen von dem anzuwendenden Reagens vorsichtig nach und nach an den Rand des Deckglases zu bringen, und geduldig abzuwarten, bis das Reagens an das Object herantreten ist. Je längere Zeit es dauert, bis die Einwirkung sich bemerkbar macht, desto reiner tritt die Erscheinung ein, und desto sicherer ist die Beobachtung. Freilich kostet diese Art der Beobachtung mehr Zeit und Geduld als gewöhnlich angewendet wird; sie ist aber die einzige, welche gestattet, ein Urtheil über die allmälige Einwirkung der Reagentien zu gewinnen und sich vor Irrthum in der Beurtheilung zu bewahren.

Eine zweite, nicht weniger wesentliche Bedingung der Untersuchung ist die, mit den schwächsten Mitteln und den schwächsten Lösungen zu beginnen, und erst dann zu der Anwendung stärkerer Lösungen und stärker einwirkender Reagentien zu schreiten, wenn die schwächeren Mittel zur Hervorrufung des beabsichtigten Zweckes durchaus nicht genügen. — Was daher z. B. mit einer Zuckerlösung zu erreichen ist, darf man nicht etwa wegen der schnelleren Beendigung des Versuches durch Schwefelsäure hervorbringen wollen.

Dass man ferner vor Anwendung der Reagentien zur Lösung einer schwebenden Frage sich vorher genau mit der Einwirkung derselben auf die bekannten Substanzen der Zellwand und des Zellinhaltes bekannt gemacht haben muss, versteht sich von selbst.

So einfach diese Grundsätze sind, so wird doch vielfach tagtäglich gegen dieselben gefehlt, und darin liegt meist die Ursache der widersprechenden Resultate, welche oft über denselben Gegenstand erhalten worden sind.

Von der Befolgung dieser Grundsätze wird es auch abhängen, ob es Anderen gelingen wird, die von mir in dem Vorhergehenden geschilderten Erscheinungen hervorzurufen.

Besonders bei der allmäligen Abziehung des Inhaltes von der Zellwand und bei der Auffindung der Zellstoff-Zwischenwand in allen mittleren Zuständen der Theilung muss man starke Lösungen und stark wirkende chemische Reagentien zu vermeiden suchen.

Verdünntes und concentrirtes Zuckerwasser, verdünnte und concentrirte Kochsalzlösung, Alkohol und verdünnte Chlorzinkjodlösung genügen vollständig, um die be-

schriebenen Erscheinungen klar zu machen. Es ist nicht möglich, eine genaue Bestimmung des Concentrationsgrades der angewandten Reagentien zu geben, weil der Concentrationsgrad sich jedesmal nach dem Objecte der Untersuchung richten muss. Die verschiedenen Gewebe verhalten sich in Beziehung ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Eingriffe der Reagentien sehr verschieden. So wird z. B. der sogenannte Primordialschlauch schon durch verdünnte Alkohollösung bei den Oedogonien zur Erscheinung gebracht, während dieselbe Alkohollösung den Inhalt der Cladophoren-Zellen gar nicht stört. Dies gilt von allen Reagentien und allen Pflanzen. Jeder Geübte wird bald zwischen zu viel und zu wenig unterscheiden können, und es ist bei dem niedrigen Stande der mikrochemischen Analyse wol erlaubt, die Anforderung an jeden wissenschaftlichen Forscher zu stellen, sich durch wenige Versuche mit dem für den vorliegenden Fall passenden Concentrationsgrad bekannt zu machen.

B. Ueber die Zeit, wann die Theilung der Zellen bei den Conferven stattfindet und am besten beobachtet werden kann.

Die Zelltheilung ist unbedingt die wichtigste Vermehrungsweise der Pflanzenzellen. Alle geschlossenen Gewebe der Pflanzen verdanken vielleicht ohne Ausnahme der Zelltheilung ihre Entstehung. Der Vorgang der Theilung kann in allen seinen Entwicklungszuständen deutlich und scharf nur bei den Conferven-Zellen beobachtet werden. Die Mutterzellen des Pollens sind jedenfalls ungünstiger, die Haare der Phanerogamen meist völlig unbrauchbar für die Untersuchung des Theilungsactes. Es geht hieraus für jeden Pflanzenanatom die Nothwendigkeit hervor, sich mit der Theilung der Zellen bei den Conferven bekannt zu machen.

Beschrieben wurde der Theilungsact bisher von *Mohl*, *Mitscherlich*¹⁾ und *Alex. Braun*. Von Anderen²⁾ ist die wahre Theilung nicht einmal gesehen worden. Es ist

1) Monatsbericht der Academie der Wissensch. zu Berlin. 1847.

2) Mir ist nur noch eine Abbildung einer halbfertigen Scheidewand bei *Thuret* (Ann. d. sc. nat. 1850. Tome XIV. N. 4.) bekannt. *Meyen* und die älteren Beobachter haben nur die Faltungserscheinungen der Seitenwände oder die unterbrochenen Zustände der Theilung gekannt.

öfter angeführt worden, dass es schwer fällt, die Theilungszustände bei den Conferven aufzufinden; es werden deshalb die folgenden Bemerkungen nicht überflüssig sein.

Am leichtesten ist der Vorgang bei *Conferva utriculosa*, wie überhaupt bei den wahren Conferven (d. h. den zu der Gattung „*Conferva*“ gehörigen Algen) mit längeren Zellen zu beobachten. Hier wird man zu jeder Tageszeit sehr bald unvollendete Zustände der Theilung auffinden, und da diese Conferven die gemeinsten Pflanzen sind, die vielleicht mit Ausnahme des *Protococcus* existiren, so kann es nirgends an Material für diese Untersuchungen fehlen.

Bei den Cladophoren den Spirogyren und den Oedogonien muss man sich jedoch zuerst über die für die Beobachtung passende Zeit orientiren.

Es lässt sich keine bestimmte Tageszeit angeben, in welcher die Theilung vorzugsweise vor sich geht. Ich habe die Theilung oft gleich lebhaft in den Morgen-, Nachmittags- und Abendstunden beobachtet. Auch ist es natürlich, dass die Theilung sich nicht streng an die Tageszeit binden kann; man müsste sonst annehmen, dass sämtliche Vorgänge in der Zelle, Wachsthum der gebildeten Tochterzellen bis zur Grösse der Mutterzelle und die nöthige Vermehrung des Inhaltes gerade 24 Stunden oder Multipla von 24 Stunden zu ihrer Vollendung bedürfen, was sicher nicht der Fall ist. Ich habe mich wenigstens davon überzeugt, dass die in den Frühstunden durch Theilung gebildeten Zellen nicht etwa den folgenden Tag zu derselben Zeit soweit in Bezug auf Grösse und Inhaltsansammlung ausgebildet waren, um sich wieder theilen zu können. Sollte man eine so grosse Abhängigkeit des Zellenlebens von den Tageszeiten annehmen wollen, um behaupten zu dürfen, dass die Theilung etwa nothwendig durch Helligkeit oder Dunkelheit bedingt sei? Die Thatsache spricht dagegen, denn die Theilung geschieht unzweifelhaft nicht nur in den Frühstunden, sondern auch in den Nachmittags- und Abendstunden.

Die Zeit, welche eine junge Zelle bedarf, um ihrer Mutterzelle ungefähr an Grösse und Inhaltsfüllung gleich zu kommen — und hiervon scheint nur allein das Einreten der Theilung bedingt zu sein — ist nicht nur in den verschiedenen Pflanzen, sondern bei denselben Pflanzen nach den verschiedenen Jahreszeiten verschieden. Bloss das kann ich mit Sicherheit aussagen, dass meist sehr viele Zellen solcher Conferven derselben Art, die unter denselben Vegetationsbedingungen — gleichen Localitätsverhältnissen u. s. w. — leben, zu gleicher Zeit sich theilen, dass also immer gleich-

zeitig viele Zellen im Theilungsacte befindlich sind. Daraus ist die practische Lehre zu ziehen, dass man seine Zeit nicht vergeblich mit dem hartnäckigen, ununterbrochen fortgesetzten Aufsuchen der Theilungszustände verschwenden soll. Sobald man bei etwas längerem Suchen, bei einer geringeren Vergrösserung, die ein genügend grosses Gesichtsfeld darbietet, nicht in kurzer Zeit eine oder die andere Zelle in Theilung findet, so kann man sich versichert halten, auch bei längerem Suchen nicht glücklicher zu sein, und man wird besser thun, zu einer anderen Zeit, etwa einige Stunden später, wieder einmal nachzusehen.

Hat man zu irgend einer Zeit aber erst eine und die andere in Theilung begriffene Zelle gefunden, so kann man überzeugt sein, den günstigen Zeitpunkt getroffen zu haben, und man wird nun bald alle verschiedenen Theilungsstadien auffinden können. In aufeinanderfolgenden Tagen wird es gut sein, ungefähr dieselbe Zeit für die Beobachtung zu wählen, die man in den vorhergehenden Tagen als günstig erkannt hat¹⁾.

Ausserdem wird man, um die Zeit der Theilung näher zu bestimmen, mit Erfolg auf die Veränderungen achten können, die im Inhalte der Zellen, bevor sie zur Theilung schreiten, vorgehen. So deutet die starke Inhaltserfüllung und der Zellstoffring bei den Oedogonien auf die bald beginnende Theilung; die Stellung der Cytoblasten bei den Spirogyren auf den Grad der vorgeschrittenen Theilung hin. Bei der Gattung Zygnema sind die Zellen vor und nach der Theilung und während ihres Längenwachsthums so auffallend unterschieden (m. s. die Zeichnung und Erklärung), dass es sich an jeder Zelle gleich bestimmen lässt, ob sie sich bald theilen wird, oder ob sie erst unlängst entstanden ist. Solche Fingerzeige gehen aber nur durch die genaue Beobachtung für jeden einzelnen Fall hervor.

1) Bemerken will ich noch, dass ich an ein und demselben Tage die Zellen der Cladophora nur in den Morgenstunden, die Zellen der Oedogonien nur in den Nachmittagsstunden sich theilen sah.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Theilungszustände der Zellen und Zellwandfalten bei *Cladophora* und *Conferva*.

Fig. 1—5. Vergrößerung = 345. Verschieden weit vorgerückte Zustände der Theilung der Zellen von *Cladophora glomerata* (S. 17 u. f.). Es ist nur das Stück der Mutterzelle abgebildet, wo die Theilungswand entsteht; *a* ist die in Bildung begriffene Scheidewand, unterhalb welcher die Körnerschicht (*b*) des Inhaltes sich soweit, als die Scheidewand bereits nach Innen einschneidet, einbiegt. Der Raum, welcher durch die Einbiegung der Körnerschicht entsteht, ist nicht leer, sondern wird durch eine farblose Masse (*c*) von schleimiger Consistenz (die Hautschicht) erfüllt, welche auch die Seitenwand der Mutterzelle und die eindringende Scheidewand auskleidet. Meist scheint diese Masse ebenso, wie die Körnerschicht, mit Freilassung eines kleinen äussersten Raumes sich etwas einzubiegen. In Fig. 4. ist die Bildung der Scheidewand schon sehr weit vorgeschritten, was durch die tiefe Einbiegung der Körnerschicht und die nur noch geringe Breite ihrer Zusammenhangsstelle in der Theilungsebene angezeigt wird. In Fig. 5. ist die Theilung bereits beendet. Die Scheidewand ist vollständig. Körnerschicht und Hautschicht der beiden entstandenen, jungen Zellen völlig getrennt (S. 16—19).

Fig. 6. Vergrößerung = 345. Eine Zelle von *Clad. glom.* während der Theilung, deren noch unvollendete Scheidewand (*a*) durch endosmotische Strömung aus ihrer ursprünglich senkrechten Lage in eine etwas schräge gebracht wurde. Hierdurch lässt sich die ganze Breite der Scheidewand übersehen, welche in diesem Zustande noch die Form eines Ringes hat, durch dessen mittlere Oeffnung die eingebogene Körnerschicht (*b*) noch zusammenhängt (S. 18).

Fig. 7. und 8. Vergrößerung = 345. Zelle von *Clad. glom.* mit sehr verdünnter Chlorzinkjodlösung behandelt. Fig. 7. ist bei beginnender, Fig. 8. nach beendigter Einwirkung des Reagens gezeichnet. Zuckerwasser und verdünnte Kochsalzlösung rufen dieselben Erscheinungen hervor (S. 22. u. f.). Das Reagenz bewirkt die langsame Loslösung des Inhaltes von den Seitenwänden der Mutterzelle. Die Hautschicht (*c*), welche den Seitenwänden und der in Bildung begriffenen Scheidewand (*a*) eng anlag, zieht sich von bei-

den zurück (Fig. 7.) und legt sich endlich an die zusammengezogene Körnerschicht (*b*) unmittelbar an, wodurch diese nachher, wie mit einer eigenen Membran umgeben erscheint (Fig. 8.). Die stehenbleibende, noch unvollendete Scheidewand ist nun völlig rein und hat keine weitere Auskleidung mehr, indem die Hautschicht (der Primordialschlauch *Mohl's*) durch das Reagenz von ihr abgelöst worden. Wird jetzt Essigsäure hinzugefügt, so verschwindet die Scheidewand (*a*) unter den Augen des Beobachters, indem sie sich unter Einfluss der Essigsäure auflöst; sonst verändert sich Nichts mehr in der Lage und Ordnung des Inhaltes und man hat desshalb in der Fig. 8. nur die Scheidewand (*a*) wegzudenken, um sich die Zelle vorzustellen, wie sie nach Einwirkung der Essigsäure erscheint. — Dass die noch unvollständige Scheidewand (*a*) dennoch als eine über die ganze Breite der Zelle verlaufende Linie erscheint, hängt ganz von der Einstellung des Microscopes und von der Dicke der Zelle ab, was für Jeden, der im Microscopiren geübt ist, wohl keiner weiteren Erörterung bedarf, zumal der Vergleich mit der Scheidewand in der Fig. 6. die Erscheinung noch näher erklärt; die Linie *a* in Fig. 7. u. 8. entspricht dem äusseren, der Mutterzellwand anliegenden Umkreise des wachsenden Scheidewandringes. Dadurch, dass die Hautschicht unter Einfluss des Reagenz von der Zellwand abgelöst wurde, erscheint diese nun viel durchsichtiger und es tritt auch die linienartige Streifung, die sie besitzt, hervor (Fig. 8.).

Fig. 9. Vergrösserung = 246. Zelle von *Clad. glom.* während der Theilung mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Körnerschicht und Hautschicht haben sich von der Wand zurückgezogen. Die noch unvollendete Zellstoffscheidewand ist stehen geblieben, so wie in Fig. 8.; die Hautschicht bildet hier aber keine so dicke Lage wie dort.

Fig. 10. Vergrösserung = 246. Zelle von *Clad. glom.* während der Theilung nach der Methode von *Mohl* mit Alcohol, Wasser und Essigsäure behandelt. Die Hautschicht (Primordialschlauch *Mohl's*) zeigt in der Theilungsebene eine starke Einfaltung. Eine Zellstoffscheidewand ist nicht sichtbar, weil sie durch die Essigsäure aufgelöst wurde (S. 22 u. f.).

Fig. 11. Vergrösserung = 345. Zelle von *Clad. glom.* während der Theilung mit Zuckerwasser behandelt. Hautschicht und Körnerschicht haben sich zurückgezogen; die unvollendete Zellstoffzwischenwand (*a*) ist zum Vorschein gekommen. Das Microscop ist genau auf die Mittelebene der Zelle eingestellt, deshalb erscheint die Scheidewand im Durchschnitt unter der Form zweier kurzer, von der Zellwand ausgehender und nur bis zum zusammengezogenen Inhalte reichender Linien.

Fig. 12. Vergrösserung = 345. Zelle von *Clad. glom.* während der Theilung mit Jod (in Jodkalium aufgelöst) und nachher mit Essigsäure behandelt. Die Körnerschicht (*b*) ist unter Einfluss der Reagentien zusammengefallen; die Hautschicht (*c*) unter Einwirkung des Jod und der Essigsäure consistenter und membranartig geworden, hat sich wie eine besondere Membran von der Zellwand abgelöst; derjenige Theil der Hautschicht, welcher die eindringende unvollständige Scheidewand auskleidete, tritt unter diesen Verhältnissen als eine starke Falte in der Theilungsebene hervor. Von der Zellstoffscheidewand selbst ist Nichts mehr zu sehen, weil sie unter Einfluss der Essigsäure aufgelöst wurde. Die Schichten der Zellwand (*e*) werden durch die Essigsäure aufgelockert;

die äusserste (*d*) hebt sich in Folge dessen von den übrigen ab. (Man vergleiche auch Fig. 10. und S. 22 u. f. im Texte.)

Fig. 13. u. 14. Vergrößerung = 345. Zellen von *Clad. glom.*, welche in der Theilung begriffen waren, deren Scheidewandbildung aber plötzlich durch irgend welche Umstände unterbrochen wurde. Zur deutlicheren Erkennung des Zustandes der Scheidewand ist der Inhalt durch verdünnte Chlorzinkjodlösung von der Wand abgelöst. Man sieht die Falte der membranartig zurückgezogenen Hautschicht in der Theilungsebene. Die Scheidewand, noch unvollständig, hat sich bereits zu verdicken begonnen. Sie wächst nicht mehr weiter nach Innen, die Theilung wird nicht vollendet, sondern die beiden Blätter der halbfertigen Scheidewand schlagen sich auseinander und so bildet sich die unvollständige Scheidewand zu einer Falte der Seitenwand der Zelle aus (S. 26—29).

Fig. 15. Vergrößerung = 345. Zwei Zellen von *Conferva utriculosa* in Theilung begriffen. *a*, die noch unvollendete Scheidewand, unterhalb welcher die Körnerschicht so weit eingebogen erscheint, als die Scheidewand nach Innen reicht.

Fig. 16. Vergrößerung = 345. Zelle von *Conf. utric.* im Theilungsakte mit verdünnter Chlorzinkjodlösung behandelt. Die Hautschicht (*c*) von der Wand abgelöst, ist membranartig geworden und zeigt in der Theilungsebene eine Falte. Die Körnerschicht (*b*) hat sich noch mehr zusammen gezogen. Die Zellstoffscheidewand (*a*), halb fertig, tritt zum Vorschein; durch längere Einwirkung der Chlorzinkjodlösung und schneller durch Hinzufügen von Essigsäure wird sie unter den Augen des Beobachters gelöst, ohne dass in der Lage der Haut- und Körnerschicht sich etwas ändert. Das Microscop wurde gerade auf die mittlere Ebene der Zelle eingestellt, deshalb sieht man den äusseren Umkreis der Scheidewand nicht (S. 29, 30).

Fig. 17. Vergrößerung = 345. Zelle von *Conf. utric.* im Theilungsakte mit Chlorzinkjodlösung behandelt und nach längerer Einwirkung des Reagens gezeichnet. Hautschicht und Körnerschicht sind nicht mehr deutlich zu unterscheiden. Die Scheidewand (*a*) ist noch nicht aufgelöst. Das Microscop war für den äusseren Umkreis der Scheidewand eingestellt.

Fig. 18. Vergrößerung = 345. Zelle von *Conf. utric.* mit einer Seitenwandfalte, die wahrscheinlich aus einer unvollendeten Scheidewand durch Unterbrechung der Theilung entstanden ist. (Man vergleiche Fig. 13. u. 14. und deren Erklärung.)

Fig. 19. Vergrößerung = 246. Zelle von *Clad. fracta* mit vielen Seitenwandfalten der jüngsten Zellwandschichten, in welche sich die alten Zellwandschichten später ebenfalls faltenartig hineingeschlagen haben (*c*) (S. 59, 60).

Fig. 20. Vergrößerung = 246. Zelle einer frisch aus der Havel gezogenen und gleich untersuchten *Clad. glom.*, die ebenfalls eine Falte (*c, d*) der inneren Zellwandschichten zeigt, welche aus einer unvollendeten Scheidewand durch Unterbrechung der Theilung entstanden zu sein scheint. (Man vergleiche Fig. 13. u. 14. und die Erklärung.)

Fig. 21. Vergrößerung = 246. Zelle von *Clad. fracta* mit einer Zellwandfalte wie in Fig. 20.

Fig. 22. Vergrößerung = 345. Zelle von *Clad. glom.* mit Falte der inneren Zellwandschicht, in welche sich die älteren Zellwandschichten faltenartig hineingeschlagen haben, wie in Fig. 19.

Tafel II.

Bau und Zellentheilung der Oedogonien.

Alle Figuren dieser Tafel sind bei 345facher Vergrößerung gezeichnet. Fig. 1.—9. und 21.—23. gehören zu *Oedogonium grande*; Fig. 10.—14. zu *Oedog. giganteum* und Fig. 15.—20. zu einer unbestimmten Species von *Oedogonium*, die nicht fructificirte.

Fig. 1. Zwei Zellen, welche aus einer Mutterzelle entstanden sind, nach beendigtem Längswachsthum beider Tochterzellen. Man sieht die beiden der Wand anliegenden Cytoblasten. Beide Zellen haben zusammen kaum etwas mehr Inhalt als ihre Mutterzelle allein. Nun nach beendetem Längswachsthum beginnen die Zellen erst sich stark mit Inhalt zu erfüllen (S. 36, 37).

Fig. 2. Stark mit Inhalt erfüllte Zelle unmittelbar vor der Theilung. Der Zellstoffring (z) am oberen Ende der Zelle ist bereits gebildet; er besteht, wie man sieht, aus einem äusseren und einem inneren Theile und schnürt den Inhalt der Zelle dort, wo er auftritt, stark zusammen (S. 34).

Fig. 3. Ein späterer Zustand als Fig. 2. Nachdem wie in Fig. 2. der Zellstoffring (z) entstanden war, tritt die Theilung ein durch Bildung der Scheidewand (a), welche hier bei ihrer Entstehung immer in der oberen Hälfte der Zelle liegt. Man sieht schon die beiden Cytoblasten der jungen Zellen durch die grüne Körnerschicht, unter welcher sie liegen, durchschimmern. Die Scheidewand (a) wächst hier nun ebenso wie bei *Cladophora* und *Conferva* von der Peripherie nach dem Centrum, bis sie eine vollständige Zwischenwand bildet und die Theilung somit beendet ist (S. 35).

Fig. 4. Eine Zelle in einem etwas späteren Stadium als Fig. 3. Nachdem die Scheidewand (a) fertig, die Theilung also beendet ist, bricht die Wand der Mutterzelle in einem scharfen Querriss gerade über dem Zellstoffring (also etwa bei z Fig. 3.) auf. Die untere der beiden Tochterzellen dehnt sich wachsend schnell aus und schiebt die obere Tochterzelle aus der Mutterzelle hervor; d ist der Querriss der Mutterzelle, durch welchen die obere Tochterzelle hervorgetreten ist, sie trägt an ihrer Spitze das obere abgerissene Stück der Mutterzelle (m); a ist die Scheidewand, welche durch das Wachsthum der unteren Zelle mehr nach oben gerückt wurde und hierdurch zugleich die obere Tochterzelle vor sich her schiebt. Soweit die obere Tochterzelle aus der Mutterzelle herausgedrängt wurde, also über das Stück, welches zwischen den Linien d und f liegt, ergiesst sich der durch den Riss der Mutterzelle frei gewordene, halb flüssige Zellstoffring über sie aus und erstarrt zu zwei, diese Stelle deckenden Membranen, indem sein äusserer Theil (man vergleiche Fig. 3.) zu der Membran b , sein innerer Theil zu der Membran c erhärtet (S. 35).

Fig. 5., 6., 7. Spätere Zustände als Fig. 3. u. 4. Man sieht, wie die Scheidewand (a) durch das Wachsthum der unteren Tochterzelle immer mehr nach oben (in Fig. 5. u. 6.) gerückt wird, bis sie endlich (in Fig. 7.) über dem Querriss der Mutterzelle (d) angelangt ist. Nun hört das Wachsthum der unteren Tochterzelle für immer auf. Vergleicht man die

unteren Tochterzellen in Fig. 3.—7.; so wird man erkennen, dass die untere Tochterzelle während ihres Wachstums vom Augenblicke der Theilung bis sie die Grösse der Mutterzelle erreicht hat, ihren Inhalt kaum vermehrt. Sie erscheint desshalb, wenn ihre Länge schon um etwas Beträchtliches zugenommen hat (in Fig. 5., 6., 7.), nicht so stark mit Inhalt erfüllt als zur Zeit der Theilung (Fig. 3.). Gewöhnlich ist dann auch der obere und untere Theil der Zelle leer (x, x' in Fig. 4.—7.), weil der vorhandene Inhalt sich nicht gleichmässig über die wachsende Zelle ausbreitet, sondern fast wie eine zusammenhängende, feste Masse sich verhält und nur etwas nach oben vorrückt. — Die obere Tochterzelle hat während des Wachstums der unteren nur wenig an Länge zugenommen (m. s. Fig. 3.—7.). Wenn die untere Tochterzelle aber ausgewachsen ist, dann beginnt sie zu wachsen und erreicht ungefähr die Länge der Mutterzelle (Fig. 7., Fig. 1.). Auch sie nimmt während des Wachstums nicht an Inhalt zu, sondern vermehrt diesen erst, nachdem sie ihre vollständige Länge erreicht hat (m. vergl. auch Fig. 10.). Die oberen Stücke der gerissenen Mutterzellen bleiben als Kappen und Ringe (e Fig. 1.; b Fig. 3.; m Fig. 4. bis 7.) den oberen Tochterzellen aufsitzen; das untere grosse Stück der gerissenen Mutterzelle bleibt als eine Scheide, in welcher die untere Tochterzelle fast ganz steckt, zurück. Diese Scheide ist immer an ihrer oberen Oeffnung erkennbar (d Fig. 1.—7.) — (S. 35, 36).

Fig. 8. Eine Zelle — es ist die Zelle, die im natürlichen Zustande in Fig. 4. gezeichnet ist — nach Aufbrechen ihrer Mutterzelle und während des Vorrückens der unteren Tochterzelle mit sehr verdünnter Chlorzinkjodlösung behandelt (Zuckerwasser und verdünnte Kochsalzlösung thun dasselbe). Die beiden jungen Zellen, die obere und untere Tochterzelle ziehen sich mit ihren jugendlichen Membranen zusammen; die fertige Scheidewand (a) zwischen ihnen wird hierbei etwas nach unten bauchig aufgetrieben (S. 39).

Fig. 9. Eine Zelle in gleichem Zustande wie Fig. 8. mit sehr verdünntem Alcohol behandelt. Bei Beginn der Einwirkung zieht sich bloss der Inhalt der jungen Tochterzellen von der Wand zurück. Ihre jugendlichen Membranen bleiben an der Wand der Mutterzelle, und die Zellstoffscheidewand (a) zwischen den beiden Tochterzellen bleibt ebenfalls in ihrer ursprünglichen Lage stehen. Später widerstehen aber auch die Membranen der Tochterzellen nicht mehr der Einwirkung des Reagenz. und es tritt dieselbe Erscheinung ein, wie in Fig. 8. (S. 40, 41).

Fig. 10. Zwei Zellen aus einer Mutterzelle entstanden (m. vergl. Fig. 1. und S. 36, 37).

Fig. 11. Zwei Zellen, in denen der Zellstoffring (a) bereits gebildet ist, — in der oberen war auch die Scheidewand (bei p) bereits angelegt — nach Behandlung mit starker Chlorzinkjodlösung. Der Inhalt hat sich zusammengezogen; in der oberen Zelle sind die jugendlichen Membranen und die Scheidewand durch das Chlorzink im Reagenz aufgelöst worden und deshalb der Inhalt beider bereits gebildeten Tochterzellen wieder zusammengeflossen. Der Zellstoffring (a) hat sich durch die Chlorzinkjodlösung schön gebläut (S. 34 und 39).

Fig. 12. Eine Zelle noch, bevor sie sich mit Inhalt ganz erfüllt hat, mit Zuckerwasser behandelt. In ihrem unteren Theile sieht man die Bildung der Hautschicht und den Mangel einer zusammenhängenden, festen, membranartigen Umgrenzung (S. 45).

- Fig. 13. u. 14. Zwei Zellen nach längerer Einwirkung einer Chlorzinkjodlösung. Hier scheint die Hautschicht (Primordialschlauch *Mohl's*) durch die Chlorzinkjodlösung blau gefärbt worden zu sein (S. 47).
- Fig. 15. Eine Zelle vor der Theilung; der Zellstoffring ist bereits gebildet (m. vergl. Fig. 2. u. S. 34).
- Fig. 16. Eine Zelle während der Theilung. Der Zellstoffring und darauf die Scheidewand (a) ist gebildet (m. vergl. Fig. 3. und S. 35).
- Fig. 17. Eine Zelle nach geschehener Theilung und nachdem die Mutterzelle bereits aufgebrochen ist. Das Wachsthum der unteren Tochterzelle und das Hervortreten der oberen Tochterzelle aus der Mutterzelle hat bereits begonnen (m. vergl. Fig. 4. und S. 35).
- Fig. 18. Die Zelle Fig. 17. nach Behandlung mit verdünnter Chlorzinkjodlösung. Beide Tochterzellen haben sich mit ihren Membranen zusammengezogen. Zwischen ihnen liegt die fertige Scheidewand (m. vergl. Fig. 8. und S. 39).
- Fig. 19. u. 20. Zwei Zellen nach Aufbrechen der Mutterzelle und während des Wachstums der jungen Tochterzelle mit nicht stark concentrirtem Zuckerwasser behandelt. Durch die entstehende schwache endosmotische Strömung ist die Scheidewand (a) zwischen den Tochterzellen das eine Mal nach oben (20), das andere Mal nach unten (19) bauchig aufgetrieben worden (S. 39).
- Fig. 21.—23. Zellen nach längerer Einwirkung von Zuckerwasser (Kochsalzlösung und verdünnte Chlorzinkjodlösung rufen gleiche Erscheinungen hervor). Der Inhalt zieht sich Anfangs von der Wand zurück (21), bald darauf zieht er sich zu zwei nur noch durch ein dünnes Zwischenstück zusammenhängende Massen (22) aus. Indem das Zwischenstück immer dünner wird, reißt es endlich, und der Inhalt wird zu zwei gesonderten, scheinbar von Membranen völlig umgrenzten Massen (S. 14).

Tafel III.

- Fig. 1.—15. Theilungszustände der Zellen bei Spirogyra, Zygnema, Mougeotia (S. 30—33).
- Fig. 16.—21. Verhalten der Hautschicht (Primordialschlauch) nach Einwirkung verdünnter Reagentien (S. 11—15).

- Fig. 1.—3. Spirog. (*orthospira* Naeg.). Vergrößerung = 246. In Fig. 1. beginnt eben die Theilung; die Scheidewand (a) ist so eben angelegt worden, sie reicht noch so wenig weit ins Lumen der Zelle hinein, dass die Spiralbänder sich noch nicht einmal in der Theilungsebene einbiegen. Die beiden Cytoblasten der entstehenden Tochterzellen liegen noch hart an der Theilungsebene. In Fig. 2. ist die Theilung bereits etwas vorgeschritten; die Scheidewand schneidet schon tiefer ein, was an der Einbiegung der Spiralbänder erkennbar wird. Die Cytoblasten sind von der entstehenden Scheidewand schon mehr nach der Mitte der entstehenden Tochterzellen hingerückt. In Fig. 3. sieht man die Theilung noch weiter vorgeschritten. Die Scheidewand (a) schneidet noch tiefer ein, die Cytoblasten sind schon fast in der Mitte der entstehenden Tochterzellen angelangt.
- Fig. 4., 5., 6. Spirog. spec. Vergrößerung = 246. Fig. 4. u. 5. zeigen mittlere Zustände der

Theilung, ähnlich wie Fig. 2. u. 3. — Fig. 6. ist eine Zelle im Mittelzustande der Theilung mit Chlorzinkjodlösung behandelt; der ganze Inhalt hat sich zusammengezogen. Man erkennt mit der grössten Sicherheit den Zusammenhang des Inhaltes auf beiden Seiten der entstehenden Scheidewand; man sieht die Falte der zurückgezogenen Hautschicht in der Theilungsebene; endlich erkennt man die halbfertige Scheidewand (a) und sieht, wie weit sie schon in die Höhlung der Zelle hineinragt.

Fig. 7., 8., 9. Spirog. subaequa. Vergrösserung = 345. Fig. 7. Zelle in einem Mittelzustande der Theilung. Fig. 9. Zelle wie Fig. 7. mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Man erkennt an der Tiefe der eindringenden Scheidewand, wie weit die Theilung vorgeschritten ist. Fig. 8. Zwei Zellen, deren Theilung durch zufällige Umstände unterbrochen wurde; der Inhalt ist durch Zuckerwasser von der Wand zurückgezogen, um den Zustand der Scheidewände besser beobachten zu können. Man sieht, wie die noch unvollendeten Scheidewände, die wegen der Unterbrechung der Theilung nicht mehr wachsen, sich zu Falten der inneren Schichten der Zellwand auseinander geschlagen haben (m. vergleiche Taf. I. Fig. 13. u. 14. und S. 26 — 29).

Fig. 10.—14. Zygnum cruciatum. Vergrösserung = 345. Fig. 10. stellt eine ausgewachsene Zelle unmittelbar vor der Theilung vor; der Inhalt besteht aus zwei sternförmigen Massen, die durch den Cytoblasten mit einander verbunden sind. Fig. 11. zeigt den Beginn der Theilung, die Scheidewand entsteht gerade über der Mitte des Cytoblasten. Fig. 12. ist eine Zelle in dem Stadium der Fig. 11. nach Behandlung mit Chlorzinkjodlösung; man erkennt den noch bestehenden Zusammenhang des Inhaltes und sieht, wie weit die Scheidewand schon hinein reicht. In Fig. 13. ist die Scheidewandbildung beendet; in jeder entstandenen Tochterzelle beginnt die Theilung der sogenannten sternförmigen Masse. In Fig. 14. haben sich die beiden neu gebildeten Sterne schon auseinandergezogen und dieser Zustand geht bald darauf in den Zustand Fig. 10. über, worauf alsdann wieder die Theilung erfolgt.

Fig. 15. Mougeotia genuflexa. Vergrösserung = 246. Zelle im Mittelzustande der Theilung mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Man erkennt den Zusammenhang des Inhaltes und sieht, dass die Hautschicht keine feste Umgrenzung bildet, besonders an den Zellenden sehr deutlich. Das Microscop ist nicht auf die Mittelebene der Zelle eingestellt, darum erscheint die Scheidewand als eine durchgehende Linie.

Fig. 16.—21. Zellen aus verschiedenen Geweben unter Einwirkung schwacher Reagentien. Die Hautschicht (Primordialschlauch *Mohl's*) zieht sich unter Einfluss schwacher Reagentien nicht wie eine den Inhalt allseitig umgebende, besondere Membran von der Wand der Zelle zurück, sondern sie löst sich von einzelnen Stellen schneller wie von anderen los und bleibt endlich durch vielfache, schmale Verbindungsstränge mit der Wand verbunden und erst nach und nach ziehen sich auch diese Verbindungsstränge zurück, laufen spitz aus oder reissen auch wohl ab. Genug alle diese Erscheinungen lassen deutlich erkennen, dass die Hautschicht keine Membran, sondern nur eine die Zellwand an ihrer inneren Seite auskleidende Masse von schleimiger Consistenz ist (S. 11—15).

Fig. 16. Zelle aus dem Vorkeime eines Farrnkrautes mit Kochsalzlösung behandelt. Vergrösserung = 345.

Fig. 17. Zelle von Conf. utric. ebenfalls mit verdünnter Kochsalzlösung behandelt. Vergrösserung = 345.

Fig. 18. Stück aus dem Gewebe der *Riccia fluitans* mit Zuckerwasser behandelt. Vergrößerung = 345.

In einigen Zellen hat sich die Hautschicht zu gesonderten, scharf umgrenzten Massen auseinandergezogen; in anderen hängen diese Massen noch durch Verbindungsstränge zusammen (m. vergl. Taf. II. Fig. 21.—23. und S. 14).

Fig. 19. Zelle von *Clad. glom.* mit verdünnter Chlorzinkjodlösung behandelt. Vergrößerung = 246

Fig. 20. Zelle aus dem grünen Rindengewebe von *Epiphyllum alatum* mit Zuckerwasser behandelt. Vergrößerung = 345.

Fig. 21. Zellen aus dem Blattgewebe von *Vallisneria spiralis* mit verdünnter Chlorzinkjodlösung behandelt. Vergrößerung = 345.

Tafel IV.

Bildung der Specialmutterzellen des Pollen und Bau der Zoosporen der Oedogonien.

Fig. 1.—12. Bildung der Specialmutterzellen des Pollen bei *Althaea rosea*. Vergrößerung = 345. (S. 53—55.)

Fig. 1. Eine Mutterzelle des Pollen. Man sieht in ihrem Inhalte 3 Cytoblasten, — der 4te ist seiner Lage wegen nicht sichtbar, — für die später entstehenden Specialmutterzellen.

Fig. 2. Eine Mutterzelle des Pollen mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Die Hautschicht bildet keine zusammenhängende Membran (S. 11—15).

Fig. 3. Eine Mutterzelle des Pollen mit beginnender Theilung. Die 4 Cytoblasten für die Specialmutterzellen liegen in einer Ebene, es entstehen nur 4 Scheidewände. Die Bildung der Specialmutterzellen ist durch die beginnende Entstehung der 4 Scheidewände eingeleitet. Noch reichen die Scheidewände nicht tief in die innere Höhlung der Mutterzelle hinein.

Fig. 4. Zelle wie in Fig. 3. in einem etwas späteren Stadium. Die 4 Scheidewände reichen schon weiter nach Innen; noch sind sie aber nicht vollständig; noch hängt der Inhalt der 4 entstehenden Abtheilungen der Pollen-Mutterzelle zusammen, wie man bei seinem Lösen von der Wand sehen kann. Obgleich nun die Specialmutterzellen noch nicht vollständig gebildet sind, indem die Scheidewände noch nicht fertig sind, so beginnen ihre Wandungen dennoch schon sich durch secundäre Ablagerungen in den Ecken zu verdicken; dadurch entstehen die keilartigen Vorsprünge nach Innen und weil die secundären Ablagerungen mit der primären Wand, der zuerst auftretenden Scheidewand (s. Fig. 3.), innig verschmelzen, so erscheint der Keil meistens als ein unzusammengesetztes Ganze. Man kann aber bei genauer Beobachtung innerhalb der Keile und auch später, wenn die Specialmutterzellen schon ganz fertig sind, in den dicken Wandungen noch die Linien auffinden, welche den ursprünglichen Wänden der Specialmutterzellen entsprechen (a Fig. 4., 5., 8., 10.).

Fig. 5. Eine Mutterzelle nach vollständiger Beendigung der Theilung. Die Scheidewände sind fertig; die Specialmutterzellen vollkommen ausgebildet. Man kann die eigentliche primäre Wand der Specialmutterzellen (die Scheidewände, durch welche die Mutterzelle sich getheilt hat) erkennen (a). Die Specialmutterzellen, welche, entsprechend ihrer Entstehung und

der Form ihrer Mutterzelle, Räume von ganz unregelmässigen eckigen Formen gebildet hätten, haben durch secundäre Ablagerungen in den Ecken ihren inneren Raum abgerundet, wodurch die spätere Kugelform der Pollenzelle bedingt wird. Die Schichten der Wand der Mutterzelle lösen sich, wie man in Fig. 5. sieht, in der Reihenfolge von Aussen nach Innen auf. Zur Zeit, wenn die Specialmutterzellen fertig gebildet sind, erscheint die äusserste scharf hervortretende Schicht der Mutterzellwand bereits aufgelöst; man vergleiche nur den Umriss der Fig. 1.—4. mit dem der Fig. 5.

Fig. 6. Mutterzelle des Pollen in demselben Stadium wie Fig. 3.; nur entstehen hier 5 Scheidewände.

Fig. 7. Mutterzelle mit 5 Scheidewänden im Stadium der Fig. 4. Die Scheidewände sind noch nicht fertig, beginnen aber schon sich in den Ecken zu verdicken. Man kann noch die ursprünglichen Scheidewände, d. h. die primären Wände der Specialmutterzellen innerhalb der verdickten Wandungen hier und da erkennen. Der Inhalt der 4 noch nicht vollständig getrennten Specialmutterzellen ist nicht gezeichnet.

Fig. 8. Mutterzelle mit 5 Scheidewänden; die Specialmutterzellen sind fertig, man kann innerhalb der verdickten Wandungen noch die primären Wände der Specialmutterzellen erkennen (m. vergl. auch Fig. 5.). Noch hat hier die Auflösung der Schichten der Mutterzellwand nicht begonnen.

Fig. 9. Mutterzelle des Pollen mit tetraedrischer Lagerung des Cytoblasten; es entstehen deshalb 6 Scheidewände, von denen man aber nur drei auf einmal sehen kann. Die Bildung der Scheidewände hat eben begonnen, sie sind noch nirgends verdickt; man sieht, dass sie sich nicht an vorspringende Leisten der Zellwand anlegen. Der Inhalt ist durch Zuckerwasser zusammengezogen und zeigt sich noch zusammenhängend. Es ist ein Stadium wie Fig. 3. und 6. bei einer Zelle mit 6 Scheidewänden und nach Loslösung des Inhaltes von der Wand.

Fig. 10. u. 12. Zellen mit 6 Scheidewänden in verschiedenen Lagen. Die Specialmutterzellen sind bereits fertig, die Theilung ist beendet. Es ist dasselbe Stadium der Entwicklung wie in Fig. 5. und 8. Der Inhalt der Specialmutterzellen ist theilweise herausgedrückt, aus der einen Zelle tritt er soeben heraus. Die äusseren Schichten der Zellwand der Mutterzelle sind fast ganz aufgelöst, man vergleiche nur den Umriss und die Dicke der Wand der Mutterzelle bei Fig. 9. und bei Fig. 10. u. 12.

Fig. 11. Zelle mit 4 Scheidewänden noch während der Ausbildung der Scheidewände. Der Inhalt ist entfernt. Man kann sehr gut das Durchbrochensein der Scheidewände, die sich schon etwas verdickt haben, erkennen.

Fig. 13.—20. Bildung der Specialmutterzellen des Pollen bei *Allium victorale*: Vergrösserung mit Ausnahme der Fig. 20. = 346. Vergrösserung der Fig. 20. = 600. (S. 52 u. 53).

Fig. 13. u. 14. Mutterzellen des Pollen.

Fig. 15., 16., 17., 20. Beginnende Bildung der primären Specialmutterzellen. Bei der ersten Spur der Theilung im Inhalte ist die Scheidewand, d. h. der Anfang der Scheidewand, schon da (Fig. 16). Bei günstiger Lage kann man die Durchbrechung der Scheidewand genau auch im unverletzten Zustande beobachten (Fig. 17.). Bei Loslösung des Inhaltes vermittelt sehr verdünnter oder schwacher Reagentien — man muss Säuren und Alcalien durchaus vermeiden, weil diese die jugendliche Zellstoffscheidewand auflösen — erkennt

man das Vorhandensein einer in Bildung begriffenen Scheidewand, während der Inhalt noch nicht getrennt ist, aufs Genaueste (Fig. 15., 20.).

Fig. 18. u. 19. Bildung der secundären Specialmutterzellen.

Fig. 21. Spore von *Spirogyra verrucosa* ¹⁾ kurz nach ihrer Bildung mit Kochsalzlösung behandelt. Die Hautschicht bildet beim Loslösen von der Wand keine zusammenhängende Membran; die innere Seite der Wand der Spore ist mit Warzen besetzt (S. 71).

Fig. 22.—29. Zoosporen von *Oedogonium grande*. Vergrößerung = 345. (S. 69—71).

Fig. 22. Zoospore noch innerhalb des Sackes, von welchem umgeben sie aus der Mutterzelle, vor der sie liegt, herausgetreten ist. Man erkennt die Cilien und die vordere helle Stelle.

Fig. 23. Eine Zoospore wie in Fig. 22. mit Chlorzinkjodlösung behandelt; sie zieht sich im Ganzen zusammen, ohne eine feste Grenzlinie an ihrem früheren Umfange zurückzulassen. Der Sack, in welchem sie sitzt, wird durch das Reagenz schön blau gefärbt.

F.g. 24. Zoospore im Augenblicke des Festsetzens mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Sie zeigt jetzt eine feste Umgrenzung, aber ihr Inhalt ist nicht von einer Membran umgeben. Hieraus folgt, dass ihre frühere, nachgiebige Umgrenzung jetzt starr geworden ist (S. 69, 70).

Fig. 25. Zoospore wie in Fig. 24. nach längerer Einwirkung der Chlorzinkjodlösung; die Membran hat sich nun gebläut zum Zeichen, dass sie aus Cellulose besteht.

Fig. 26. Zoospore, nachdem sie schon längere Zeit festgesetzt war und schon eine Wurzel getrieben hatte, mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Der Inhalt erscheint nun bei seiner Ablösung von der Wand ziemlich scharf umgrenzt (S. 70).

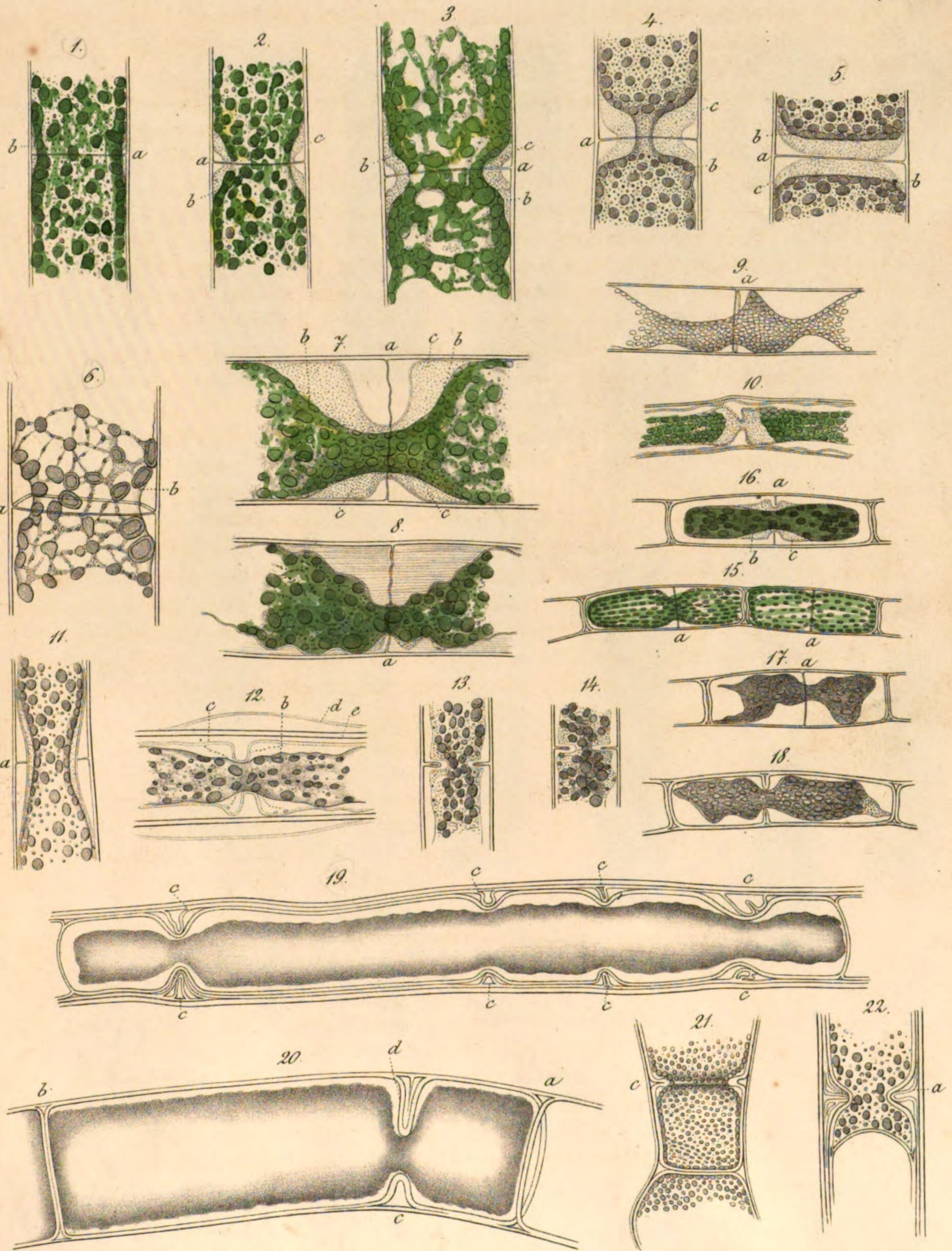
Fig. 27.—31. Zoosporen, die sich bereits festgesetzt haben, in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Man sieht, dass die äussere Membran schon ursprünglich an ihrem vorderen Ende eine Oeffnung (a Fig. 27.) besitzt, durch welche die innere Membran hindurch wächst, wenn sie sich beim Keimen der Zoospore zur Wurzel verlängert, an dieser Oeffnung scheinen die Cilien befestigt gewesen zu sein, wie man aus einzelnen Rudimenten erkennt (m. vergleiche S. 71 Anm.).

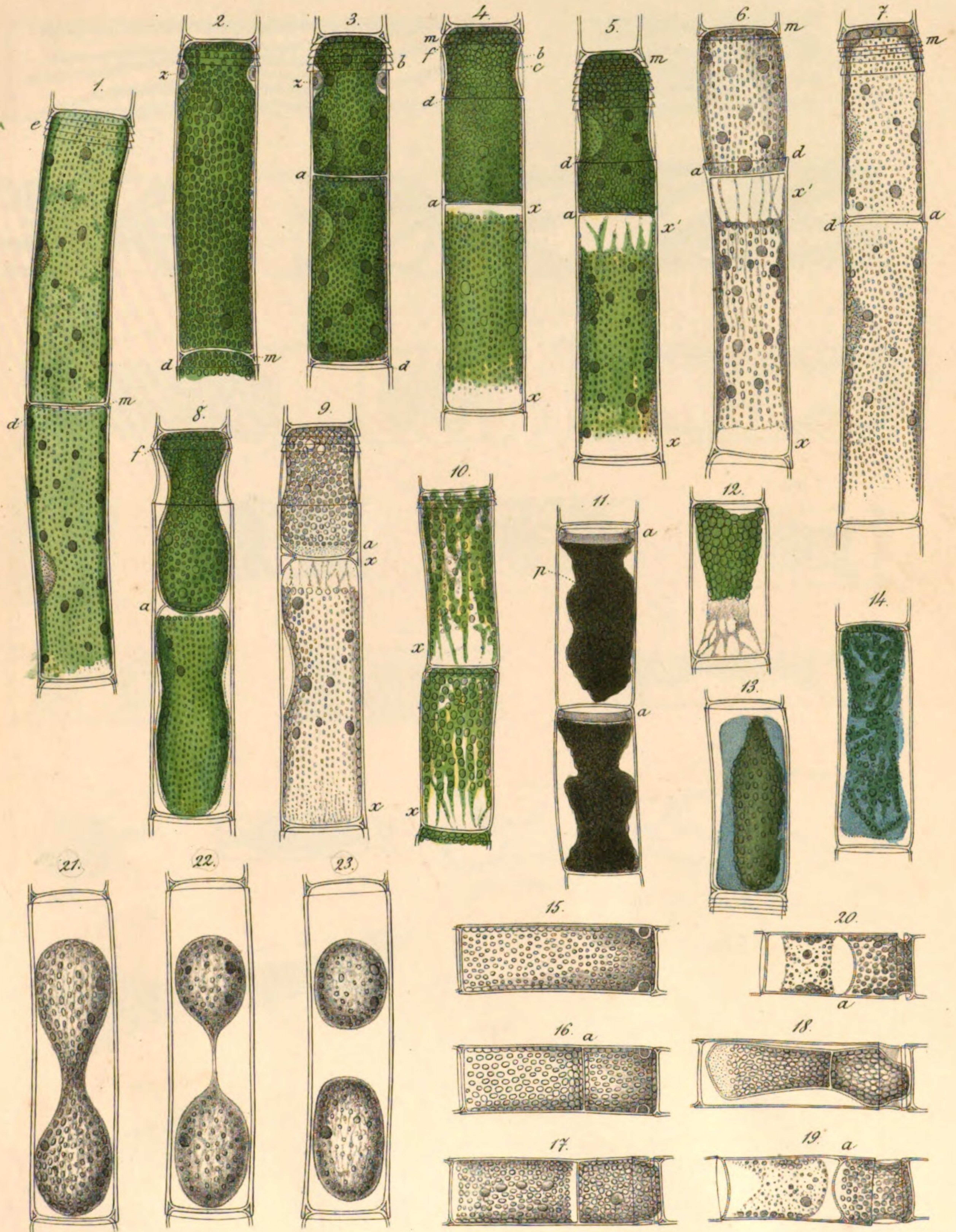
1) *Spirogyra verrucosa* (nova species?). *Spirog. cellularum finibus non replicatis; spiris plerumque solitariis hinc inde duabus; spirarum anfractibus 3½ — 4; cellulis fructiferis diametro (⅓) 3 plo longioribus; sporarum membrana externa interne verrucis instructa.*

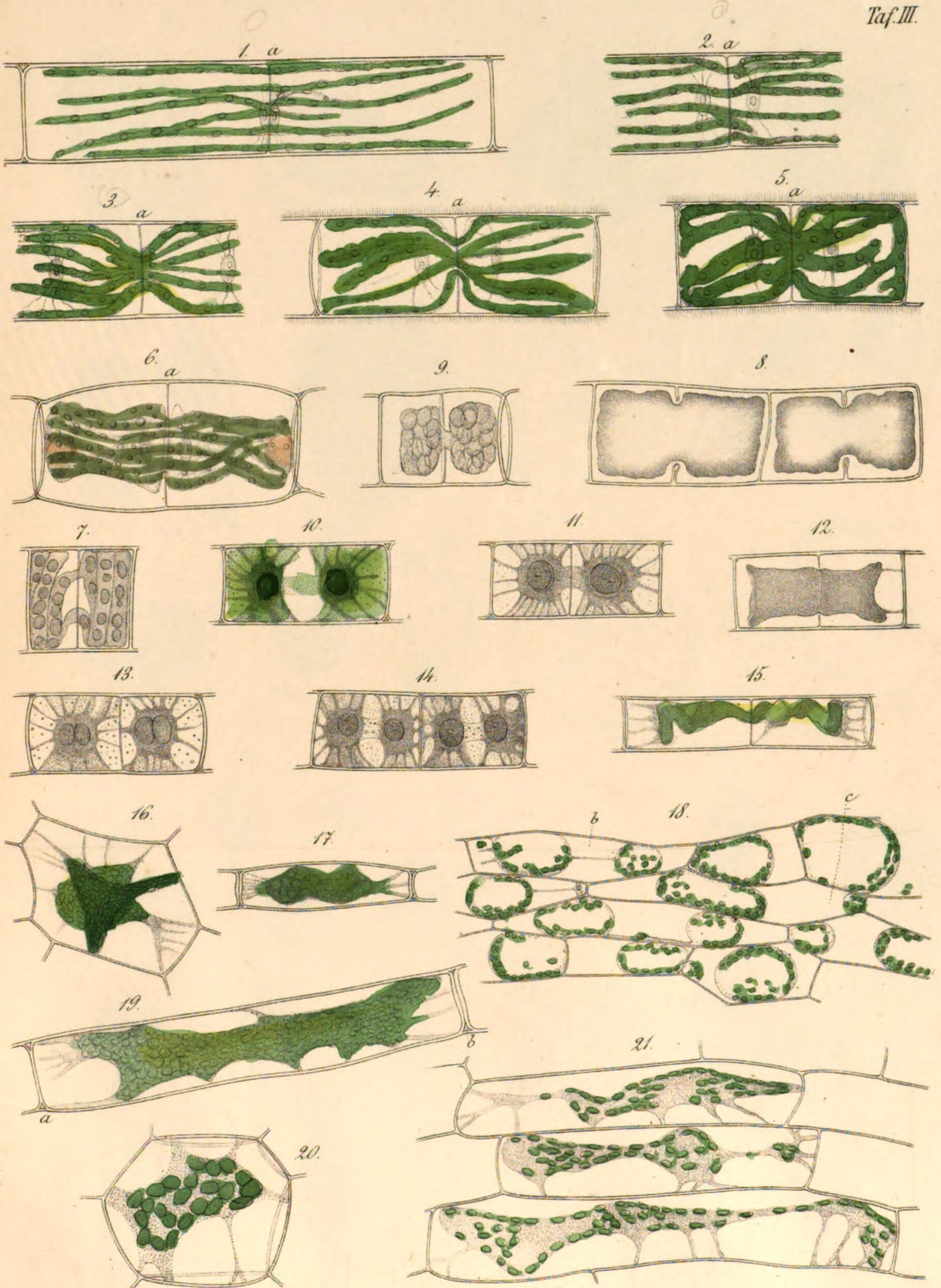
Verbesserungen.

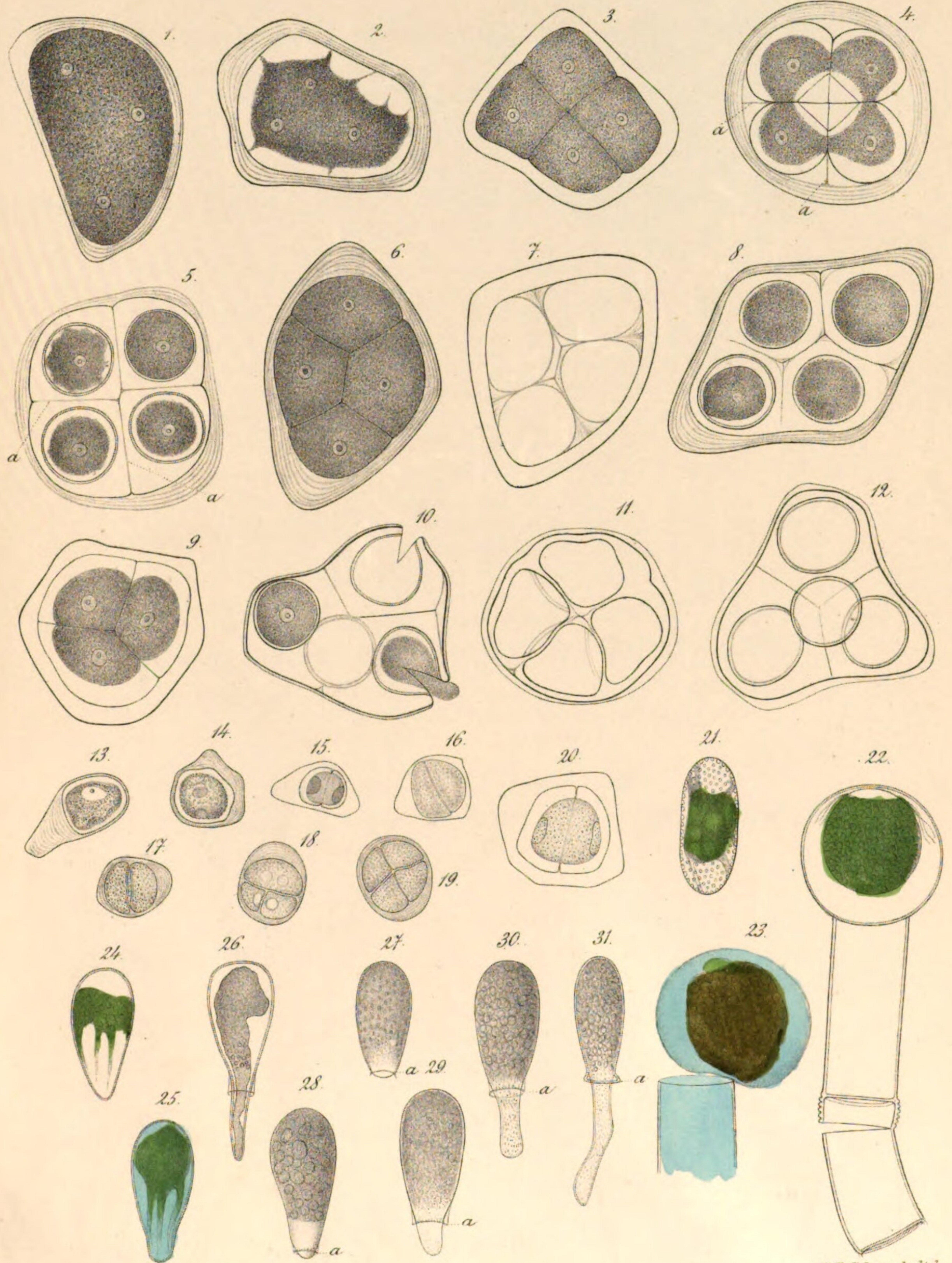
Die mit einem * bezeichneten Druckfehler sind so störend, dass ich bitten muss, sie vor dem Lesen zu verbessern.

* Seite	5 Zeile	4 v. u.	lies: und	statt: um.
"	12	" 7	" " " so zieht	" soz ieht.
"	14	" 12	" " " Oedogonien	" Oedogenien.
"	19	" 6	" o. " unmerkbar	" unmerkamen.
* "	20	" 11	" u. " geschehe	" geschehen.
"	32	" 11	" " " weder hier, noch bei	" weder hier noch wie bei.
* "	32	" 6	" " " Einbiegung	" Einbringung.
"	37	" 13	" o. " Intercellularräume	" Intellularräume.
* "	38	" 1	" u. " regelmässig auch	" regelmässig nur.
* "	39	" 7	" " " (II. 8. 18. 19.) und (II. 20.)	" (II. 8. 15. 16.) und (II. 17.).
* "	39	" 4	" " " (II. 11.)	" (II. 11. 15.).
* "	45	" 12	" o. " (II. 12.)	" (II. 18.).
"	51	" 4	" " " bilden	" bilpen.
"	51	" 10	" u. " sur le Marchantia	" sur la Marchantia.
"	56	" 1	" o. " bei den Conferven	" bei dei den Conferven.
* "	72	" 9	" u. " chemischen	" mechanischen.









Im Verlage von *August Hirschwald* ist ferner erschienen:

Verzeichniss der in der Mark Brandenburg gesammelten Laubmoose,
nebst einigen Bemerkungen über die Spermatozoen der phanerogamischen Gewächse.

Von **Dr. H. Itzigsohn.**

8. 6 Sgr.

Prof. Dr. J. T. C. Ratzeburg,
Untersuchungen über die Formen u. Zahlenverhältnisse d. Naturkörper.

gr. 4. Mit einer Kupfertafel. 20 Sgr.

Prof. Dr. C. H. Schultz-Schultzenstein,
Natürliches System des Pflanzenreichs

nach seiner inneren Organisation nebst einer vergleichenden Darstellung der wichtigsten aller früheren künstlichen und natürlichen Pflanzensysteme.

gr. 8. Mit einer Kupfertafel. 2 Thlr. 25 Sgr.

Prof. Dr. C. H. Schultz-Schultzenstein,
Sur la circulation et sur les vaisseaux laticifères dans les plantes.

Mémoire,

qui a remporté le grand prix de physique proposé par l'Académie royale des sciences de Paris pour l'année 1833.

4. Avec 23 planches. 3 Thlr. 10 Sgr.

Prof. Dr. C. H. Schultz-Schultzenstein,
Die Anaphytose oder Verjüngung der Pflanzen.

Ein Schlüssel zur Erklärung des Wachsens, Blühens und Fruchttragens, mit praktischen Rücksichten auf die Kultur der Pflanzen.

gr. 8. 1 Thlr. 7½ Sgr.

Prof. Dr. C. H. Schultz-Schultzenstein,
Die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung.

Mit Aussicht zu einer Agriculturphysiologie.

gr. 8. 20 Sgr.

Prof. Dr. C. H. Schultz-Schultzenstein,
Neues System der Morphologie der Pflanzen.

nach den organischen Bildungsgesetzen, als Grundlinie eines wissenschaftlichen Studiums der Botanik, besonders auf Universitäten und Schulen.

8. Mit 1 Tafel. 1 Thlr.

Prof. Dr. C. H. Schultz-Schultzenstein,
Die Verjüngung im Pflanzenreich.
Neue Aufklärungen und Beobachtungen.

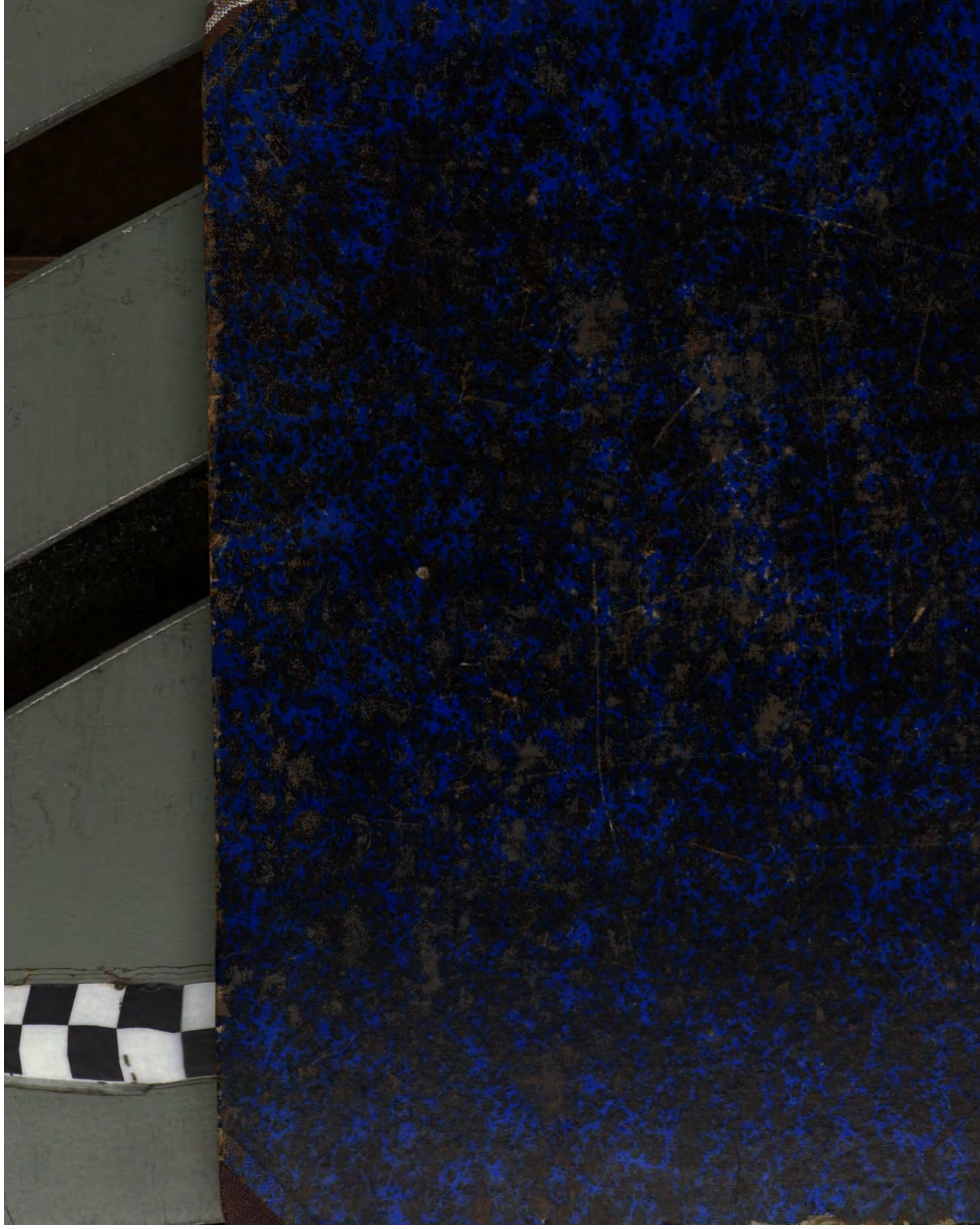
gr. 8. Mit 1 Tafel. 18 Sgr.

Prof. Dr. C. H. Schultz-Schultzenstein,
Die Verjüngung im Thierreich
als Schöpfungsplan der Thierformen nebst Mittheilung der Entdeckung einer sichtbaren Selbstbewegung der Muskelfasern.

gr. 8. Mit 1 Tafel. 1 Thlr. 6 Sgr.







Pringsheim, Nathanael,

Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle

Bd.: 1

Berlin 1854

4 Phyt. 242 f-1

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10229935-7